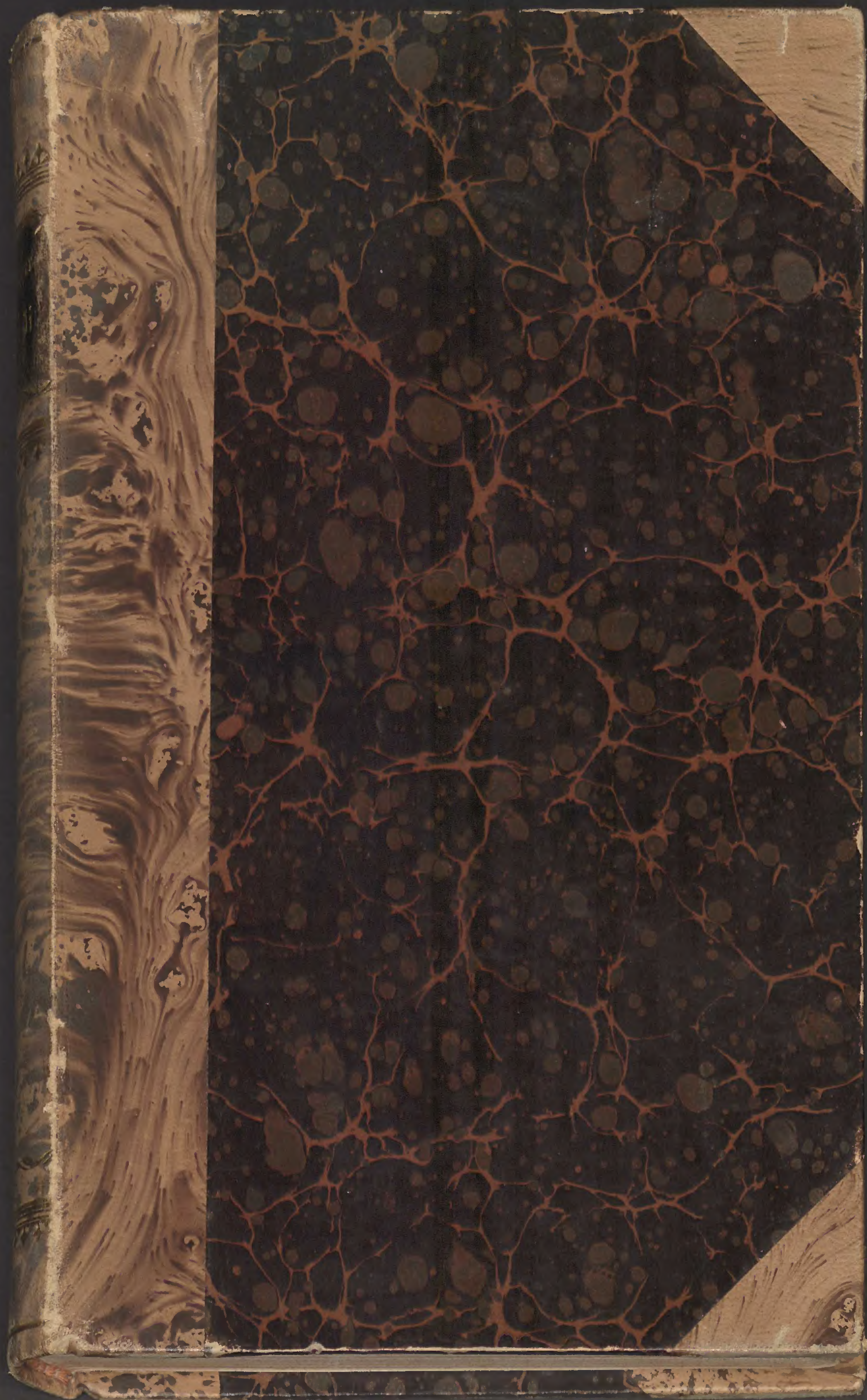






EÐLISFRÆÐI,

EPTIR

J. G. FISCHER.

MEÐ 250 MYNDUM.

PRENTUÐ AÐ TILHLUTUN

HINS ÍSLENZKA BÓKMENTAFÈLAGS.

MAGNÚS GRÍMSSON

ÍSLENZKAÐI.

KAUPMANNAHÖFN.

Í PRENTSMIÐJU *S. L. MÖLLERS.*

1852.

Jafnvel þó mart mætti tala og rita um útleggíngu mína á bók þessari, sem nú kemur hèr fyrir almenníngs sjónir, og jafnvel þó sumir kynni að ætlast til, að eg gjörði það, þá ætla eg þó hvorki að fara að segja æfisögu hennar, nè verja frágánginn á henni með neinum afsökunum; hún mundi og ekki ávinna mikið við það, eins og eg vona að hún missi einkis í við formálaleysið. — En með því eg þykist gánga að því vísu, að margur verði sá til að líta í bók þessa, sem bæði sèr galla þá, sem á henni eru, og vill ráða bót á þeim, þá er það einlæg bón mín, að þessir menn vildi gjöra svo vel og láta mig fá að vita þær leiðrèttíngar, sem þeir gjöra, bæði á heilum málsgreinum og einstökum orðum. Það sem eg hugga mig við um nýgjörfíngana er, að þeir einir af þeim muni ílengjast í málinu, sem vel mega vera, en hinir týnist smátt og smátt af sjálfum sèr.

Að endíngu þakka eg bókmentafèlaginu innilega fyrir góðfýsi þá, sem það hefir sýnt mèr með viðtökunni á þessari útleggíngu, og óska, bæði þess vegna og mín, að afdrif fyrirtækisins mætti svara tilgángi þess. Eg þakka og öllum þeim, sem á einhvern hátt hafa veitt mèr lið við starfa þenna, og þá þakka eg sèrílagi herra yfirkennara Birni Gunnlaugssyni, R. af D., fyrir alla þá alúð og umönnun, sem hann hefir borið fyrir útleggíngunni, þar sem hann hefir — svo vandlega, sem embættis annir hans leyfðu — lesið handritið allt og víða lagað það mikið; sumstaðar er og bókin auðguð með athugasemdum hans (B. G.).

Reykjavík 24. dag maímánaðar 1851.

M. Grímsson.

YFIRLIT YFIR EFNI BÓKARINNAR.

INNGÁNGUR.

Hvar sem vèr erum á jörðunni, eru þeir hlutir hvervetna í kríngum oss, sem draga að sèr athygli vora, og alstaðar verða þeir viðburðir fyrir oss, sem verðir eru nákvæmari skoðunar. Ef vèr hefjum augu vor til himins, þá verður þar á daginn fyrir þeim hin vermandi, bjarta og tignarlega sól, en á næturnar hinn blíði máni og blikandi stjörnur. Ef vèr lítum til jarðarinnar, þá sjáum vèr þar, auk sjálfra vor, dýr, grös og steina, fjöll, dali, vötn, o. s. frv., allt saman hvað öðru frábrugðið og margbreytt. Fuglarnir skemta oss með kvaki og saung, blómin og fiðrildin með fjölbreyttu litaskrauti, sem þeim er gefið. Þúsundum saman tindra nú ljómandi daggardropar á blómknöppunum, en næsta dag fara, ef til vill, þjótandi eldíngar um geiminn og loptið hristist fyrir dunandi skruggum. Þessir og aðrir líkir hlutir eru skoðunarefni náttúruvísindanna, sem eru ótæmandi efnisrík og mjög mikils varðandi. Þau lypta anda mannsins á æðra stig, gjöra hann frjálsari og hefja hugann til guðs.

Náttúrulíkami er hver sá hlutur í heiminum kallaður, sem hvorki menn nè skepnur hafa í neinu breytt frá því, sem hann upphaflega var, eða sem er eins og náttúran skildi við hann, eins og menn segja. Náttúrulíkami má í þrennu tilliti athuga: 1. eptir ytri mynd þeirra eða lögun; 2. eptir afli því, sem í þeim er fólgið, og 3. eptir því, á hvern hátt þeir eru eða verða settir saman úr öðrum náttúrulíkömum. Með tilliti til þessara atriða skiptast náttúruvísindin í aðalgreinir þær, sem nú skal telja:

1. Náttúrusaga eða náttúrulýsíng. Hún kennir oss að þekkja náttúrulíkamina eptir einkunnum þeirra (bæði ytri og innri),

þ. e. hún kennir oss að þekkja hvað frá öðru og skipa hverju einu á sinn stað í röðinni (*System*). Í þessari grein náttúruvísindanna eru lifandi náttúrulíkamir aðgreindir frá hinum dauðu. Lifandi eru þeir náttúrulíkamir, sem partarnir í eru ósamkynja, en hafa áhrif hverir á aðra og afla með því lífs í líkamanum, svo að það kemur eins og innan að úr djúpi sjálfs hans (t. a. m. dýr og grös). Partar hinna dauðu náttúrulíkama eru þar á móti allir samkynja, eða hafa að minnsta kosti engin áhrif hverir á aðra, þó þeir sè ósamkynja. Menn geta því fengið ljósa hugmynd um myndan hins dauða líkama, þó menn sjái ekki nema part af honum (t. a. m. brot af steini), þar sem hinn lifandi verður allur að sjást til þess, að skilið verði í myndun hans og limaskipun (t. a. m. dýrið, grasið.)

2. Lífsfræði (*Physiologie*) eða lífsskapnadarfræði, sem segir frá náttúrulögunum og starfa þeirra í hinum lifandi náttúrulíkömum.

3. Eðlisfræði (*Physik*) eða náttúrufræði. Hún skýrir frá hinum innri öllum hinna dauðu náttúrulíkama, og kennir oss að þekkja þau af störfum þeirra. Hún skýrir og frá hinum innri öllum hinna lifandi náttúrulíkama að því leyti, sem þeir eru háðir sömu allsherjarlögum og hinir.

4. Efnafræði (*Chemie*) eða blöndunarfræði. Hún sýnir hvernig líkamirnir verða aðgreindir í efni sín eða parta, eða settir saman af þeim.

Fyrirætlan þessarar bókar er að skýra frá einni af þessum aðalgreinum náttúruvísindanna, en það er eðlisfræðin, sem menn stundum kalla náttúrufræði. Nokkur hluti eðlisfræðinnar er og út af fyrir sig kallaður aflafræði (*mechanisk Naturlære; Mechanik.*) Helzta efni þessarar bókar verður þess vegna, að rekja og rannsaka breytíngarnar í hinu ytra ásigkomulagi hins dauða líkamaheims. En komi hèr nokkuð fyrir af því, sem beinlínis heyrir hinum öðrum greinum náttúruvísindanna, t. a. m. efnafræði og stjörnufræði, þá er það af því, að í þeirri vísindagrein koma einhver allsherjarlög fyrir, og af því, að það er opt, að hvað verður eins og að bæta annað upp og skýra hvað annað.

Vilji maður afla sèr þekkíngar á lögum þeim, sem hinar margvíslegu breytíngar í líkamaheiminum fara eptir, þá er sjálfsagt að fylgja ætíð reynslunni, að svo miklu leyti sem því

verður komið við. Hún er nærri því það eina, sem í eðlisfræðinni getur gefið manni áreiðanlega vissu, þegar slík vissa er á annað borð fáanleg. Vèr skulum nú með dæmi reyna að gefa lesendum vorum hugmynd um, hvað athuga skal við hvað eina í eðlisfræðinni, og munu þeir þá skjótt finna, að starfi þessi er undir eins skemtilegur og hann er fróðlegur, þegar honum fylgir fjör og áhugi. Taki maður t. a. m. stein, eða einhvern annan ekki mjög lèttan líkama, og láti hann fara úr hendi sèr sjálfráðan og tálmunarlaust, hvert sem hann vill, þá vita allir að hann dettur niður á jörðina. Þetta, að steinninn eða líkaminn dettur, og annað því líkt, kalla menn í eðlisfræðinni náttúruviðburð (*Naturphænomen*), eða einúngis viðburð (*Phænomen*). Eins fer, ef steinninn er borinn upp á klettasnös, hús, turn eða hverja aðra hæð, sem er, að hann dettur niður af eigin þúnga sínum. En dettur hann nú á sama hátt og í hinu fyrra dæminu? eða er nokkur munur á hreifíngu hins fallanda líkama eptir því, hvort hann dettur frá meiri eða minni hæð? Er fallhraðinn allt af jafn, hvort sem líkaminn dettur um lángan veg eða stuttan? Ætla hver líkami, sem væri, dytti ofan á jörð, ef eins væri með hann farið og hèr var gjört ráð fyrir með steininn? Gjörir loptið, sem knýr bæði skip og vindkvarnir áfram, nokkuð að við þenna náttúruviðburð? Þessar og aðrar líkar athuganir eru það, sem oss ber að gjöra við sèrhvern náttúruviðburð, og sem eðlisfræðin kennir oss bæði að aðgæta, eða taka eptir og leysa úr. Og þegar vèr höfum hentugar tilraunir*) til að styðjast við, þá finnum vèr nærri því ætíð það lögmál, sem ræður í hverjum viðburði. Þessi aðferð, sem einúngis fylgir reynslunni, er aðgreind frá þeirri aðferð, sem fylgir stærðafræðinni (*mathematisk*). Vèr ætlum hèr ekki að skýra

*) Tilraun (*Experiment*) er það, þegar menn leggja eins og spurníngar fyrir náttúruna, sem hún á sjálf að leysa úr, og neyða hana þannig til að birta sèr lög sín. Sá sem tilraun gjörir reynir því optast að láta ekki nema einhver viss öfl náttúrunnar — stundum eitt, stundum fleiri — geta beitt sèr við tilraunina. Tilraunir verður að gjöra með mesta athuga og nákvæmni, og takast þær varla öðrum en þeim, sem leiknir eru í að gjöra þær og hafa góð áhöld við hendina. Þetta verður síðar ljóst í bókinni sjálfri.

frá því, hvernig þessari síðar nefndu aðferð er varið, sem svo margir af hinum mestu mönnum hafa haft, t. a. m. Keppler, Newton, Galílei o. fl. þessara manna verður optar en einusinni getið síðar í bók þessari. — þegar einhver heimfærir náttúruviðburð nokkurn undir visst lögmál, sem áður er kunnugt orðið, þá er kallað, að hann útskýri hann, eða gjöri grein fyrir honum. þar á móti auðgar sá maður náttúruvísindin með nýrri tilgátu eða getgátu, sem ætlar að útskýra náttúruviðburð nokkurn með því, að byggja hann á einhverju, sem áður er óþekkt, og sem hann gizkar á að sè, en hefir ekki næga röksemd nè reynslu fyrir. Opt hafa slíkar tilgátur reynzt sannar með tímanum, eða þá að minnsta kosti leidt menn til sannleikans. Samt ber ætíð að gjöra glöggan mun á tilgátu, hvað sennileg sem hún er, og á reyndum sannleika eða vissu.

Nytsemi sú, sem menn hafa af iðkun og námi náttúruvísindanna, er ómetanlega mikil. Dæmið, sem vèr tókum áðan af líkama, sem dettur, sýnir oss þegar hvað eðlisfræðin er vel lögnð til að hvessa hugsunaraflið, og til að efla það og styrkja með degi hverjum. það er raunar, ef til vill, mörgum öðrum vísindagreinum eins vel eða betur lagið, að hvessa hugsunargáfu mannsins, en engin þeirra getur meira hvatt nè eflt starfsgáfuna, en eðlisfræðin. Oss mun síðar opt gefast færi á að sýna, að þessu sè þannig varið, því lopt og lögur, ljós og hiti, rafurmagn, segulafl, o.s. frv., er allt svo auðugt af náttúruviðburðum, að vèr munum sjaldan geta meira, en einúngis greidt lesendum vorum veg til að skilja þá, því annars mundi bók þessi verða afar stór, ef farið væri að reyna að telja þá alla upp. En nytsemi eðlisfræðinnar er ekki öll fólgin í því, sem vèr höfum nú talið. Hún lèttir af manninum þeim ótta, sem fávizkan ollir honum; hún lyptir huganum til himins og eyðir margskonar villu og hjátrú, sem opt og einatt hefir stigið þeim skelfíngar sporum inn í líf mannanna, að oss hryllir við þeim, er þau bera oss fyrir sjónir í sögu mannkynsins. Eða mun sá nokkur, sem numið hefir eðlisfræði, óttast glóandi flugdreka, sem fari um loptið, eða vofur og drauga, sem menn hafa svo opt þókzt sjá á reiki í kirkjum og kirkjugörðum, fenjum og fúamýrum eða við sjáfarstrendur? Ekki mun sá maður hræðast þó gler springi snögglega, rosabaugur sè um

sólina, eða halastjörnur og stjörnuhröp og vígahnettir leiki um geiminn: því eðlisfræðin skýrir frá lögum þeim, sem allt þetta fer eptir. Hann veit, að halastjörnur eru hvorki gleðiboði nè sorgarviti, því þær gánga á þeim brautum, sem guð setti þær á í öndverðu; hann veit og, að það er mart til, sem hann skilur ekki í, og þess vegna spyr hann aldrei á hvað sá eða sá viðburður viti. Þar á móti sárnar honum skammsýni sín og sljófskygni; hann veit, að enginn dauðlegur maður getur rakið alla völundarvegu náttúrunnar, nè skygnzt inn í alla leyndardóma hennar, og því tekur hann sèrhverjum viðburði með athygli og fögnuði, og lætur sèr ekki verða bilt við, hvað sem að höndum ber. — E ð l i s f r æ ð i n s n e r t i r, ö l l u m o ð r u m v í s i n d u m, f r e m u r, s t ö r f l í f s i n s. Auk gufuvagna og gufuskipa, og allra þeirra gufuvèla, sem seinni tímar eru höfundar að, og sem mjög eru aðdáanlegar og undrunarverðar, eru óteljandi aðrir hlutir og tól til, sem byggð eru á hinni nákvæmustu þekkíngu á náttúrunni og lögum hennar. Vèr minnumst hèr að eins á hitamælirinn (*Thermometer*), dæluna (*Pumpe*), hjólið, skrúfuna, gleraugun, sjónaukann, sjónpípuna, slökkvitólin, o. s. frv. Er það ekki eðlisfræðin, sem kennir aðferð þá, er hafa skal við hengda menn, drukknaða og kalna? — En sá er þó kostur eðlisfræðinnar ótalinn enn, sem mest er í varið, en það er sá: a ð h ú n l y p t i r h u g a n u m t i l h i n s a l v i t r a, a l m á t t k a o g a l g ó ð a g u ð s, o g h e f i r m i k i l o g g ó ð á h r i f á h u g a m a n n s i n s o g á a l l a n h u g s u n a r h á t t h a n s. Enginn getur skoðað hina dásamlegu smíð á auga mannsins, nè athugað þau allsherjarlög, sem allt hið skapaða er bundið, og sem allir hnettir hlýða og renna eptir um alla eilífð, og reglu þá og skipulag, sem þar birtist hvervetna í, án þess, að hrífast af lotníngu fyrir honum, sem er upphaf og stjórnari alls þessa, sem var, er og verður, sem hið mikla sálmaskáld fer þessum orðum um: h i m n a r n i r s e g j a f r á d ý r ð h a n s, o g h i n ú t þ a n d a f e s t í n g s ý n i r h a n s h a n d a v e r k.

FYRSTA ATRIÐI.

SAMEINKUNNIR LÍKAMANNA.

1.

UM LÍKAMI OG EINKUNNIR ÞEIRRA EDA EIGINLEGLEIKA.

Hvad er það, sem eðlisfræðin kallar líkama? Vèr skulum svara þessari spurníngu með dæmi. Ef vèr bindum fyrir augun á einhverjum, og hann ætti svo að gánga um herbergi, sem borð og stólar eða einhver önnur búsgögn væri inni í, þá verður honum það fyrir, að breiða út faðminn og þreifa fyrir sèr, til þess, að hann reki sig ekki á. Og ef hann finnur þá eitthvað á vegi sínum, þá fer hann höndum um það, til þess að finna takmörk þess, svo hann komizt þó hjá því. Þannig finnur hann það þá með áþreifíngunni, að tálmunin byrjar á einhverjum öðrum stað, eða: að hún er ekki nema á einhverjum vissum kafla eða stað í rúminu. Með tilliti til þessa eiginlegleika köllum vèr tálmunina líkama. Vèr hefðum og af hinu atriðinu, að tálmunin var þreifanleg, getað kallað hana þessu nafni; því það er allt líkami, sem þreifanlegt er. Næst tilfinníngunni er það sjónin, sem bezt hjálpar oss til þess að svara þessari spurníngu, en þó getum vèr ekki kallað það allt líkama, sem vèr sjáum. Vèr sjáum t. a. m. skuggann, myndina í skuggsjánni, o. s. frv., og samt getum vèr ekki kallað þau líkami, enda er hvorki skugginn nè myndin í skuggsjánni þreifanleg. Aptur á móti getur augað ekki sèð sumt það (t. a. m. ymsar lopttegundir), sem hefir allar líkamseinkunnir. — Líkama köllum vèr það eitt, sem er þreifanlegt eða tekur upp nokkurn hluta rúms.*)

Ef segull er borinn að járnsvarfi, þá loðir mikið af svarfinu við hann. Þetta er einn af eiginlegleikum segulsins, að hann heldur svarfinu föstu við sig. En þó að trèspíta væri nú á sama hátt borin að svarfinu, loðir þó ekkert við hana, og má af því ráða, að hún hefir ekki þenna eiginlegleika segulsins, og samt er trèspítan líkami eins og segullinn. Þar á móti er þeim báðum

---

*) „Efni er það, sem fyllir rúm. Að fylla rúm er að varna öðru efni inn í rúmið. Líkami er rúm fullt af efni." *H. C. Örsteds Naturlære mech. D. Kh. 1844. 5. bls. 13—14. grr.*

Þýð.

sá eiginlegleiki sameiginlegur, að þau þurfa hvort um sig rúm, og geta ekki bæði verið í sama rúmi undir eins, þ. e. sameinkunn segulsins og trèspítunnar er sú, sem fyr var á minnzt, að þau fylla rúm sitt og varna hverjum öðrum líkama inn í það. Og einmitt þessi einkunn er sameinkunn allra líkama, og án þeirra er enginn líkami til. Vèr skulum því setja það á oss: að þeir eiginlegleikar, sem eru einhverjum sèrstökum líkömum eiginlegir (t. a. m. eins og segulaflið) eru kallaðir **sèrstakir eiginlegleikar**; — þeir eiginlegleikar þar á móti, sem ætíð finnast hjá öllum líkömum, hvernig sem á stendur, eru það, sem vèr köllum **sameinkunnir** allra líkama (t. a. m. rúmtaka, rúmsvarnan, o. s. frv.). Þessar sameinkunnir skulum vèr nú þessu næst skoða, og það hverja út af fyrir sig, og reyna að gjöra oss grein fyrir þeim í fám orðum.

2.
RÚMTAKA (*VOLUMEN, EXTENSIO*).

Ef farið er að reyna, á hvað marga vegu einhver líkami verði mældur, þá verður það jafnan á þrjá vegu (lengd, breidd, þykkt), og sè nú líkaminn hvorki of stór nè of lítill til þess, að mælíngunni verði komið við, þá verður ályktunin ætíð hin sama. Sá eiginlegleiki líkama, sem gjörir auðið að mæla hann á þrjá vegu, heitir rúmtaka eða rúmfyllíng, og er hún fólgin í því, að líkaminn þarf og tekur visst rúm, eða: að líkaminn á sèr viss takmörk á alla vegu. Rúmtakan er hin fyrsta sameinkunn allra líkama, og meira að segja: skilyrði fyrir tilveru líkama. Vèr skulum nú taka það saman í 4 atriðisgreinum, sem oss ríður mest á að setja á oss um rúmtökuna.

1. Vegna þess að sèrhver líkami tekur vissan hluta rúms, hefir og sèrhver líkami einhverja mynd eða lögun (*figura, limitatio*). Það sem annaðhvort hefir enga, eða óendanlega rúmtöku, það er og lögunarlaust, eða án myndar*), og það er þá ekki heldur

*) Efni er allt það, sem er innan þessarar myndar eða lögunar; þess vegna tala menn og um efni líkama. Efnið getur verið mjög margsháttar, þ. e. haft mjög ýmislega lögun innbyrðis í sèr. Þegar talað er um efnið með tilliti til hinna innri eiginlegleika þess, þá er það

líkami, því líkaminn er jafnan takmarkaður, og hefir því jafnan einhverja lögun. Þegar talað er um mjög smáa líkami, parta ljóssins og öldugáng ljóssvakans*), sem vèr þó reynum að eigna vissan stað í rúminu eptir ákveðnum mæli, þá er af því auðsèð, hvað menn eiga bágt með að stilla sig um, að eigna jafnvel þeim líkömum rúmtöku, sem sljóleiki skilníngarvitanna hamlar oss frá að geta athugað nokkurt efni í. Mynd eða lögun líkamanna er mjög margháttuð, og það liggur við, að sinn líkami hafi hverja mynd. Skipulegar myndir eru t. a. m. teníngur (*Cubus*), ferfletíngur (*Tetraeder*), áttfletíngur (*Octaeder*), o. s. frv., og eru þær kallaðar kristallar. En af því það heyrir einkum steinafræðinni að tala um kristallana, þá förum vèr hèr ekki fleirum orðum um þessar myndir, en getum þess einúngis, að viðleitnin að myndast skipulega, eða að minnsta kosti eptir einhverri innbyrðis samsvaran (*Symmetri*), liggur í eðli fleiri líkama en steinanna, t. a. m. sumra dýra og grasa tegunda. Þessi viðleitni lýsir sèr meðal annars í hýðinu á fiðrildavængjunum, hári moldvörpunnar, augnahimnu ymsra smádýra, o. s. frv.

2. Eins og mynd og lögun líkama er komin undir rúmtökunni, eins er og hugmyndin um stærð henni samfara. Stærð líkama er eins margháttuð eins og mynd og lögun, og skulum vèr nú færa nokkur dæmi til þess.

Sólin er sá stærsti líkami, sem vèr þekkjum. Allir þeir hnettir, sem um hana renna, eru ekki meira en $\frac{1}{600}$ af efni hennar. Væri sólin hol innan, þá gæti ekki einúngis jörðin rúmast innan í henni, heldur gæti og túnglið runnið þar braut sína umhverfis jörðina, og er það þó 50,000 mílna lángt frá henni. Það liggur því við sjálft, að sólin sè stærri en svo, að mannlegur skilníngur geti gjört sèr grein fyrir henni. Og þegar stærð mannsins er borin saman við þessa ógnarlegu stærð, þá verður hún ekki mikil, og þó er maðurinn ákaflega stór í samanburði við óteljandi önnur dýr og líkami. Til þess að komast að raun um að svo sè, þarf ekki annað en skoða dýr þau í góðum sjónauka, sem í ógnarlegum grúa kvikna af líkömum dýra og grasa, sem

---

kallað frumefni. Efnisríki (*Masse*) köllum vèr það, hvað mikið efni er í líkamanum.

*) Ljóssvaki (*Æther*) er mjög smágjör lopttegund, sem er út breidd um allan geiminn.

legið hafa í straumlausu vatni í 8 eða 12 daga. þessi dýr eru kölluð blikdýr (*Infusionsdyr*), og lærðir menn, sem hafa athugað þau, segja, að sum þeirra sè millíónsinnum minni en sandkorn. Hvað munu þá limir þessara dýra vera litlir, þegar allur líkami þeirra er ekki stærri? þegar vèr því í huga vorum berum hina mestu stærð eins líkama saman við hina minnstu, sem oss er kunnug, og rennum svo huganum um allt það fjarskalega svið, sem þar er á milli, þá hljótum vèr að undrast þá margbreytni og auðlegð, sem þar ber fyrir oss. — En áður en vèr hættum að tala um margbreytnina í stærð náttúrulíkamanna, verðum vèr og að minnast á hana í störfum íþróttarinnar. Vèr skulum nú ekki taka til stórbyggíngar Egipta í fornöld, hinar himinháu strýtur og stöpla: þessar ógnarlegu byggíngar, sem um margar þúsundir ára hafa boðið eyðileggíngu tímans byrginn. Vèr skulum einúngis líta á hin stærstu hús og byggíngar, og bera stærð þeirra saman við hina smágjörfustu smíðisgripi silfursmiða og gullsmiða.*)

3. Jafnvel þó að í þessari bók verði sjaldan farið eptir öðrum mæli en þeim, sem lesendum vorum er nokkurnveginn kunnugur, verðum vèr þó að kynna þeim nokkra aðra mælira, sem annars eru svo títt við hafðir í eðlisfræðinni. Og er það þá helzt hinn frakkneski mælir: meter, decímeter, centímeter, og millímeter. 1 meter er = 3,18620 fet dönsk; 16 meter eru hèrumbil 51 danskt fet. 1 meter er 10 decímeter, 1 decímeter 10 centímeter, 1 centímeter 10 millímeter. 10 meter eru eitt dekameter, 10 dekameter 1 hektómeter, 10 hektómeter 1 kílómeter, 10 kílómeter 1 myríameter. 1 meter er 3 parísarfet, 1 parísarfet er 12 parísarþumlúngar, eða 144 parísarlínur. 1 parísarfaðmur (*Toise*) er 6 parísarfet. 1 fet danskt er jafnt 1 rínlenzku eða prússnesku feti = 144 línur danskar

*) Vèr getum ekki stillt oss um að nefna hèr eitt furðanlegt dæmi upp á næmleika íþróttarinnar. það er mælt, að í Dresden á þjóðverjalandi sè til kirsibersteinn, sem grafnar sè á 180 andlitsmyndir. — Verbinger nokkur í Nürnberg á og að hafa smíðað dós úr einu piparkorni, sem 1200 fílabeinsdósir áttu að hafa komizt ofan í. Sè þetta satt, þá er það harla undrunarlegt, og aðdáanlegt merki þess, hvílíkur stærðarmunur verið getur á verkum mannanna.

= 139,13 parísarlínur. 14400 danskar línur eru jafnar 13913 parísarlínum.*)

4. Þegar mæla skal líkami, sem varla eða ekki eru sjáanlegir með berum augum, þá verður að hafa mjög nákvæman mæli og leggja líkamann þar á, og sjá hann svo í gegnum sjónauka. Í atriðinu um ljósið verður talað um þesskonar mælíngar, og því sleppum vèr þeim að svo stöddu.

3.
EYGÍNG (*POROSITAS*).

Taki maður líkami nokkra, t. a. m. njarðarvött, vikurkol og nýbakað brauð, — sápu, trèflís og brèf, — glerflögu, stálflís og silfurpeníng, og athugi þá alla nákvæmlega með góðum sjónauka, þá sjáum vèr að hinir fyrst töldu 6 líkamirnir eru eygðir (gljúpir). En vèr getum ekki sèð, að þeir 3 síðast nefndu sè það, og þó eru þeir það, eða hvernig mundu þeir annars geta þanizt út við hita og gengið saman aptur við kulda? Báðir þessir náttúruviðburðir hljóta að koma af því, að rúmið á milli parta líkamans vex og mínkar á víxl.

Eins er og um fljótandi líkami, að allir eru þeir eygðir. Ef vèr hálffyllum stútmjótt lyfjaglas með vatni, og fyllum það síðan alveg með lituðum vínanda og setjum svo góðan tappa í glasið, svo enginn dropi komizt út úr því, þá sjáum vèr, að ef vèr hvolfum glasinu og látum legina blandast saman, þá er það nú ekki öldúngis fullt. Og hvernig gæti þetta átt sèr stað, ef ekki væri allt einar smáholur í vatnið, sem vínandinn geti eins og horfið inn í? Vèr ætlum því líklegt, að allir líkamir sè eygðir, þó það verði ekki áþreifanlega sannað, nema um suma, og þenna eiginlegleika köllum vèr eygíngu (gljúpleik).

*)	dönsk fet	ensk fet	parísarfet	meter
1 fet danskt	1,00000	1,02972	0,96618	0,31385
1 fet enskt	0,97114	1,00000	0,93829	0,30479
1 parísarfet	1,03500	1,06575	1,00000	0,32484
1 meter	3,18620	3,28090	3,07844	1,00000

H. C. Örsteds Naturlære mech. D. Kh. 1844. 359. bls.

Þýð.

Eygíng líkamanna hjálpar oss til að skilja marga náttúruviðburði, sem vèr ættum annars bágt með að gjöra oss grein fyrir, t. a. m. hvers vegna að trè bólgnar upp og þrútnar við vætu, en gengur saman og verður fyrirferðarminna við þurk; — hvers vegna að líkamir dýra og grösin geta orðið að steini, þegar svo stendur á—, o. s. frv.

Að lyktum skulum vèr setja nokkur atriði á oss um eygínguna.

1. Í daglegu tali köllum vèr þá eina líkami eygða, sem vèr sjáum með berum augum að eru það, eins og t. a. m. njarðarvötturinn, vikurkolið, o. s. frv. Alla aðra líkami köllum vèr þar á móti þètta, af því að þeir sýnast svo, að minnsta kosti með berum augum. Af tveimur eygðum líkömum er sá eygðari jafnan kallaður eygður, en hinn þèttur; t. a. m. járn er þètt í samanburði við trè, en eygt í samanburði við gull. það er því ekki hægt, að ákveða takmörk eygíngarinnar, eða þèttra líkama og eygðra. Gull og lýsigull (*Platina*) eru þèttust allra líkama, sem vèr þekkjum.

2. Gagnsæja (*diaphanos*) köllum vèr þá líkami, sem ekki hamla oss að sjá aðra líkami á bak við sig (t. a. m. gluggagler). Gagnlýstir (*transparentes*) eru þeir líkamir, sem eru mitt á milli gagnsærra og ógagnsærra líkama; ógagnsæir (*opaci*) eru þeir líkamir, sem engin skýma sèst í gegnum (t. a. m. járn, trè, o. s. frv.) Í atriðinu um ljósið verður skýrt frá orsökum gagnsæisins, því ekki fer það eptir eygíngu líkamanna, það sèst meðal annars á njarðarvettinum, sem er einhver hinn eygðasti líkami, og er þó ógagnsær með öllu. En það er eptirtektavert, að líkamir, sem upphaflega eru ógagnsæir, geta orðið gagnsæir ef þeir sameinast við aðra líkami, og gagnsæir líkamir á sama hátt aptur ógagnsæir. Ef brèf er vætt í olíu eða feiti verður það gagnsætt; ef dupti er stráð á gler verður það ógagnsætt, o. s. frv.

3. það rúm, sem líkamans ytri mynd eða lögun takmarkar, kalla menn líkamans **sjáanlegu stærð** eða fyrirferð (*volumen*), en **sanna stærð** hans kalla menn það rúm, sem efni líkamans fyllir. Hina sönnu stærð geta menn ekki gjört áþreifanlega með tilraunum, því til þess þyrfti, að þrýsta líkamanum svo fast saman, að engin augu (*Pori*) yrði eptir milli parta hans. En því meiri sem þrýstíngin

er á líkamanum, því nær færist hann sinni sönnu stærð, en aldrei verður líkamanum þó þrýst svo saman, að hún náist með öllu. þegar hin sanna stærð er dregin frá hinni sjáanlegu, þá er mismunurinn rúm eygíngarinnar. Síðar í bók þessari merkir stærð jafnan hina sjáanlegu stærð, nema hin sè til greind.

4. þó vèr höfum nú leyft oss að telja eygínguna með sameinkunnum líkamanna, þá er samt hæpið að ætla, að enginn líkami geti verið til án hennar, eða að eygíng fylgi tilveru serhvers líkama, eins og t. a. m. rúmtakan. Menn geta hugsað sèr óeygða eða alþètta líkami. Sá sem ekki álítur aðra líkami eygða, en þá, sem legir komizt í gegnum, getur ekki talið eygíngu með sameinkunnum; því þeir líkamir eru margir til, sem enginn lögur, og jafn vel ekki smágjörfustu lopttegundir geta farið í gegnum. Meðal slíkra líkama er t. a. m. glerið.

4.

þENSLA EDA RÚMSVARNAN (*EXPANSIO*).

Vèr gjörum ekki ráð fyrir, að sá sè neinn, sem ekki viti, að tveir fastir líkamir geta ekki verið undir eins í sama rúmi, enda er þá hverjum manni hægt að reyna það, og gánga úr skugga um það. Fastur og fljótandi líkami geta ekki heldur verið í sama rúmi undir eins. Ef t. a. m. steinn er látinn ofan í ker, barmafullt af einhverjum legi, þá rennur eins mikið út úr kerinu og svarar fyrirferð steinsins. — Sè staup eða flaska sett á opið ofan í vatn og svo þrýst á, þá fer vatnið aldrei öldúngis upp að botni þess, því loptið, sem þar er fyrir, veitir því fyrirstöðu. það er þess vegna víst, að í það rúm, sem einhver líkami er fyrir í, getur enginn annar líkami komizt, því hinn líkaminn varnar honum þess, og annarhvor líkaminn verður að láta undan, ef á er hert. þessi eiginlegleiki er öllum líkömum sameiginlegur og vèr köllum hann rúmsvarnan eða þenslu.*)

---

*) Allt efni hefir þann eiginlegleika, að það ver öðru efni að omast inn í sitt rúm. þessi fyrirstaða efnisins kemur fram eins og afl, og það köllum vèr þensluafl. — 2. Eins og það er víst, að efni eða líkamir hafa rúmsvarnan í þeim skilníngi, sem hèr er talað um,

Ef vèr tökum mola af hvítasykri eða steinsalti, og látum það í vatnskerið í staðinn fyrir steininn, sem vèr nefndum áðan, þá sjáum vèr, að það leysist upp (rennur), en vatnið fer ekki út úr kerinu. Sama er að segja um hverskonar blöndu, sem er, að það er eins og legirnir samlagist og hvorugur varni öðrum rúms. Þetta kynni því að sýnast að koma í bága við rúmsvarnanina, og verða óskiljanlegt, ef ekki væri eygíngin, því hún er auðsjáanlega orsök viðburðar þessa.

Mörg áhöld eru byggð á rúmsvarnaninni, t. a. m. köfunarhjálmurinn, sem er svo eptirtektaverður og síðar verður sagt frá.

5.

HLUTAN EÐA SKIPTÍNG (*DIVISIO*, *PARTITIO*).

Hlutan eða skiptíngu líkama köllum vèr þann eiginlegleika, að honum verður skipt í parta. Vèr getum brotið steininn, bútað járnið, limað dýrin, klofið hárið, flett trènu, rifið klæðið, skorið skinnið, o. s. frv. Það er með öðrum orðum, að vèr getum skipt hverjum líkama í parta, og því smærri parta, sem honum verður skipt í, því smágjörfari köllum vèr hann, og því nákvæmari er skiptíngin. Vèr ætlum að færa hèr nokkur dæmi til upp á það, hvað sumir líkamir eru smágjörfir, og hvað partar þeirra geta verið smáir.

Það má slá 1 kvintín af gulli svo þunnt og teygja það svo mjög út, að með því verði þakinn heill maður.

Þegar vel gylltur silfurþráður er dreginn, þá dregst gullið með, en nýst ekki af. Silfurþráður, sem gylltur er með 2 lóðum af gulli, verður dreginn þángað til hann er orðinn 66 mílna lángur (1,584,000 feta). Sè bútkorn af slíkum þræði látið ofan í skeiðvatn, þá leysist silfrið upp, en gullið utan af honum verður eptir eins og hismi. Þetta hismi rennur í konúngavatni, eins og sykur í almennu vatni.

Á líkan hátt er og ilmjurtunum varið. Ilmpartar þeirra, sem oss eru óskiljanlega smáir, renna um loptið og dreifast um meira eða minna rúm. Hlutanin er því tíðum svo nákvæm, og partar

---

eins er og hitt víst, að hin innri öfl líkamanna geta starfað í gegnum líkamina sjálfa, og verður það síðar að nokkru leyti sýnt í bók þessari.

líkamanna tíðum svo smáir, að vèr eigum bágt með að skilja í því, eða gjöra oss hugmynd um slíka skiptíngu. Þetta kemur ekki síður fram við litarefnin en ilmefnin; það er nærri því óskiljanlegt, hvað lítið litarefni getur litað mikið. — Arið í sólargeislanum er og fagurt dæmi uppá smáa parta í líkömunum.

Þegar vèr nú aptur á móti snúum huga vorum til hins lifanda, þá detta oss hin fyr nefndu blikdýr í hug, og vèr getum varla ímyndað oss hvað smáa limi þau verða að hafa.*) Í einum dropa vatns eru opt mörg hundruð slíkra dýra saman komin. En nú verður oss að spyrja, hvort skiptíng líkamanna eigi sèr engin takmörk, engan enda. Þá er fyrst aðgætanda, að skiptíng er tvennskonar: stærðafræðisleg og aflfræðisleg. Hin fyrri á sèr engin takmörk, því svo lengi sem maður getur hugsað sèr líkama-rúm, svo lengi getur maður og hugsað sèr því skipt í smærri parta. Hin aflfræðislega skiptíng er þar á móti takmörkuð við næmleika íþróttarinnar og eðli líkamanna.

6.

ADDRÁTTUR (*ATTRACTIO*).

a. SAMLOÐAN (*COHAESIO*).

Samloðan er sú sameinkunn allra líkama, að partar líkamans loða saman. Þessi eiginlegleiki kemur helzt fram við skiptíngu líkamanna, því þar kemur hann fram eins og mótspyrna eða tálman. Aflið, sem heldur pörtunum saman, heitir samloðunarafl. Þetta afl er mjög missterkt hjá líkömunum, og eptir því verður samloðan þeirra mismikil. Á tvennan hátt verður styrkleiki samloðunarinnar bezt reyndur: með því að brjóta eða draga líkamina sundur. Það er hin verulega samloðan, sem þá kemur fram, þegar líkaminn er dreginn sundur, en þegar hann er brotinn, þá er kallað, að reynt sè á hina viðmiðuðu (*relativ*) samloðun.

---

*) Af leifum þessara dýra eru til heil lög í jörðinni, og hafa menn reiknað það, að 40,000 blikdýra þarf til að mynda eitt teníngsfet.

Prof. Bunsen, sem ferðaðist um Ísland sumarið 1815, segir að barnamoldin sè ekki annað en leifar þessara dýra.

Þýð.

Vèr skulum nú færa nokkur dæmi til upp á mismun hinnar verulegu samloðunar. Á fyrri hluta 18. aldar tók *Muschenbroek* náttúrufræðíngur í Leyden margar ferstrendar stengur, sem voru steyptar sín úr hverjum málmi og allar jafn digrar, hèrumbil 2 línur á breidd. Hann festi allar stengurnar upp á öðrum endanum, svo þær hèngu þráðbeint niður. Að því búnu hengdi hann vissan þúnga á neðri enda hverrar stángar, og var allt af að smá-bæta við hann, þángað til stengurnar drógust sundur. Með þessum hætti reyndist, að til þess að draga sundur

staung af ensku blýi þurfti. .	25	punda	þúnga.
— - spíðglans	30	—	—
— - glosversku sínki . .	76—83	—	—
— - vismúð	85—93	—	—
— - ensku tini	150	—	—
— - japaneiri	573	—	—
— - góðu gulli	578	—	—
— - sænskum eiri . . .	1059	—	—
— - góðu silfri	1156	—	—
— - þýzku járni . . .	1930	—	—

Svipaðar tilraunir með staungum af ymsu trè hafa sýnt, að til þess að draga sundur staung af furu þarf hèrumbil 550 punda þúnga.

— - grenitrè	600	—	—
— - linditrè	1000	—	—
— - eik	1150	—	—
— - bækivið	1250	—	—

Opt er og samloðun hinna smágjörfu líkama meiri, en margur kynni að ætla. Einfaldur silkiþráður (eins og silkiormurinn skilur við hann) þolir 80, mannshárið 1500—2000 grana þúnga. En allar tilraunir sýna, að hin verulega samloðun hvers líkama er því meiri, sem hann er digrari, en fer að öðru leyti ekki eptir neinu vissu lögmáli, og allra sízt eptir þèttleika líkamanna.

Til þess að reyna styrk hinnar viðmiðuðu samloðunar þarf ekki annað, en fá sèr stengur líkt og Muschenbroek, og leggja þær flatar, svo að þær sè allar á huldu um miðjuna, og auka svo allt af við þúngann (sem þá er hengdur á hverja staung miðja) þángað til þær brotna. Þó að þá reynist nú annað en með hinni aðferðinni, þá komumst vèr þó ætíð að þeim sann-

leika: að burðaraflið er í réttum hlutföllum breiddar og fertalna hæðar, en í öfugum hlutföllum við lengdina. það er: því digrari sem staungin er, því meira þolir hún að bera, en því minna, sem hafið undir hana er lengra. þetta er mjög áríðanda í mörgum greinum, t. a. m. við byggíngar; en vèr sleppum því og hverfum að öðru.

Á samloðuninni eru enn bygð nokkur einkenni líkama, sem mjög eru áríðandi, og ætlum vèr þess vegna að geta þeirra nú þegar.

a. Vèr höfum áður minnzt á það, hvað mikill munur er á samloðunarafli líkamanna. Eptir þessum mun er öllum líkömum skipt í tvo aðalflokka: fljótandi og fasta líkami. þeir líkamir, sem hægt er að hreifa partana í og flytja aptur á bak og áfram, eru kallaðir fljótandi (lopt og legir). Allir aðrir líkamir eru kallaðir fastir líkamir (t. a. m. trè, steinar, málmar, o. s. frv.), og þarf ætíð meira eða minna afli að beita til þess, að færa til í þeim parta þeirra. Líkamir, sem eru eins og bil beggja, fastra og fljótandi, eru kallaðir þykkir eða seigþykkir. Fljótandi líkömum er aptur skipt í tvo flokka: drjúpandi og stælta, eða legi og lopt. Legir eru þèttari fyrir en loptið, ef á þá er þrýst, enda þenjast þeir og miklu minna út, þegar þrýstíngin hættir. Loptið gengur mjög saman við þrýstíngu, og þenst mikið út þegar henni lèttir af.

b. Taki maður nýhnoðaða leirkúlu, eða deig og stein, og kreisti milli fíngra sèr, þá verða fíngraförin eptir á leirkúlunni eða deiginu, en ekki á steininum. Líkt er og varið með tólg, flot, smjör, ost, o. s. frv., að það lætur undan og verður með förum eptir kreistínguna. Af þessari tilraun verður það nú bert, að sumir fastir líkamir verða hnoðaðir og þrautlítið færðir í hverja mynd sem vera skal; þá líkami köllum vèr lina. Aðrir fastir líkamir, sem ekki verða hnoðaðir, eru þar á móti kallaðir harðir. þannig skiptast því hinir föstu líkamir í harða og lina. En það er eins um þetta og eygínguna, að takmörk þessara flokka verða ekki ákveðin. Hörkuna táknum vèr optast nær með samanburði, t. a. m. stálið er harðara en járnið; grámálmur (*iridium*) er harðari en stálið; demantinn er harðari en grámálmur, enda er hann harðastur allra líkama, sem vèr þekkjum.

c. Sveigjanlega köllum vèr þá líkami, sem beygðir

verða á ymsar hliðar án þess að brotna, eða bresta, eins og t. a. m. skíði, girði, tág, o. s. frv. Stökka köllum vèr aptur á móti þá líkami, sem bresta eða hrökkva sundur undir eins og þeir eru beygðir, eins og t. a. m. lakk, gler, o. s. frv.*)

Ekki er öllum sveigjanlegum líkömum eins varið. Vèr vitum, að bæði blý og skíði er sveigjanlegt, en í staðinn fyrir það, að blýið er kyrt í beygjunni, þá tekur skíðið sig aptur, undir eins og hið beygjanda afl hverfur af því. Vèr köllum þess vegna skíðið stæltan eða fjaðurmagnaðan líkama, en blýið óstæltan líkama. En það er enn ekki víst, hvort nokkur líkami er til, sem með öllu sè óstæltur. Athuganir manna um það hafa einúngis komizt að þeirri ályktun: að allir líkamir eru í rauninni stæltir (*elastisk*) þegar aflið, sem á þá þrýstir, er ekki meira en eitthvað visst, en óstæltir, ef aflið er meira, og að stælíng líkamanna er þess vegna mjög svo mismikil. Í daglegu tali eru þeir einir líkamir kallaðir fjaðurmagnaðir eða stæltir, sem undir eins taka sig aptur úr beygjunni, t. a. m. skíði, fílabein, hert stál, njarðarvöttur, o. s. frv.

það er nóg að minnast hèr á pílubogann, hið allmikla og skæða vopn fornaldarkappanna, til þess að benda lesendum vorum á það, hverju fjaðurmagn líkamanna fær orkað, þegar það er notað. Auk skotvopns þessa, sem vèr höfum nú framar til gamans en gagns, en sem sumar villiþjóðir nota enn fullum fetum, munu og lesendur vorir kannast við nytsemi og afl stælíngarinnar, bæði í fjöðrum í skrám og í ymsum öðrum áhöldum manna.**)

---

*) það hefir reynslan sýnt, að sami líkaminn getur opt verið seigur og stökkur undir eins, eptir því hvernig á hann er reynt. það er því líklegt að hèr sè mikið komið undir því, hvernig partar líkamans eru festir saman sín á milli, eða hvernig þeir snúa hverir að öðrum. Margir stökkir líkamir eru og seigir og beygjanlegir, þegar þeir eru dregnir í þræði, eða flisaðir niður.

**) Stælíngin á í því sammerkt við þensluna, að hún verður ljósust við þrýstíngu, og báðar eru einkunnir þessar skyldar. Stælíngin er einskonar þensla á æðra eða fullkomnara stigi, og mun það því rètt, að segja, að hún sè til í öllum líkömum. Hamra má deigt járn svo að það verði stælt, og er það, ef til vill, ein ástæðan fyrir þessu.

þýð.

b. VIDLODAN (*ADHÆSIO*).

Þegar tvær vel slèttar glerflögur eru lengi búnar að liggja saman, þá tolla þær hvor við aðra, svo það verður að beita afli, þó lítið sè, til þess að ná þeim í sundur. — Undir eins og tveir vatnsdropar snerta hvor annan, verða þeir að einum dropa. — Sè smáu dupti stráð á flatveginn á þurri glerflögu, dettur það ekki allt af henni, þó þeirri hliðinni sè snúið niður. — Drepi maður hendi sinni í vatn, þá verður hún vot, þ. e. nokkrir af pörtum vatnsins loða við hendina. — Sè vatni hellt í staup eða ker, þá er flötur þess hærri út við barmana, en í miðjunni.

Eiginlegleiki sá, sem hèr kemur fram, heitir viðloðan, en hún er fólgin í því, að annaðhvort samkynja eða ósamkynja líkamir vilja tolla hverir við aðra, þegar þeir koma saman.*) Aflið sem hèr starfar heitir viðloðunarafl. Viðloðun lagar við fasta líkami er ekki ætíð eins varið. Þegar hún kemur fram á þann hátt, sem minnzt var á áðan um vatnið í kerinu, sem ætíð er hæst út við barmana, þá er hún kölluð hárpípu-aðdráttur, og aflið hárpípu-afl. Því mjórri, sem pípan er, því hærra fer lögurinn upp eptir henni. Þetta sýnir meðal annars njarðarvötturinn. Ef honum er haldið niðri í vatni, en mikill hluti hans látinn þó standa upp úr, þá rennur vatnið upp eptir honum (hann drekkur það í sig). Eins er með hvítasykur, kaffibrauð o. s. frv. Hægast er að athuga hárpípuaðdráttinn með því, að hafa margar glerpípur misvíðar, opnar í báða enda, og stínga þeim á annan endann ofan í vatn. Vatnið fer hæst upp eptir mjóstu pípunum. Sè pípurnar feitugar, þá tollir vatnið ekki við þær, og þá getur ekki heldur hárpípuaðdráttarins gætt.

Viðloðan fastra líkama eykst mjög við það, ef þeir fletir þeirra, sem snertast (snertifletirnir), eru vættir með einhverjum legi. Sè tvær vel slèttar fjalir lagðar saman vatnsvotar, þá tolla þær betur saman en áður, á meðan þær voru þurrar. Á þessu er það byggt, að líma, kítta, kveikja, sjóða og brasa saman fasta líkami. — Viðloðanin er það, sem

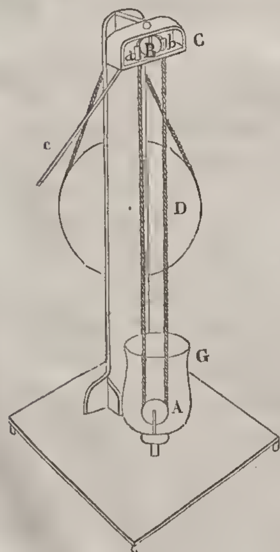
*) Það er almenn ætlan, að því stærri sem snertiflötur líkamanna sè, þess sterkari verði viðloðun þeirra, með því að þá koma fleiri púnktar líkamanna saman en ella. Fletirnir verða og að falla svo vel saman, sem unnt er.

ollir því, að líkamir geta vöknað, því vætan á líkömunum er ekki annað, en partar vatnsins, sem loða utan um líkamann (hrína á honum). Á feitugum líkama hrín vatnið ekki, þ. e. viðloðunaraflið getur þar ekki notið sín.

Ef tvö staup eða ker eru sett hvort hjá öðru, annað tómt en annað fullt með vatn, og gránamiði eða prentpappírsræma hengd yfir um barma þeirra, svo sinn endi miðans nái ofan í hvort staupið, þá rennur vatnið eptir miðanum ofan í tóma staupið, og hættir ekki fyr en jafn hátt er orðið í báðum. — Ef þur trèfleigur er rekinn inn í klettasprúngu, og svo gagnvættur, þá bólgnar hann svo, að hann sprengir ef til vill klettinn.

Vèr getum ekki stillt oss um, að minnast hèr á austurvèlina (*hydraulisk Maskine*) eptir *Vera*, því hún er svo ágætt dæmi upp á viðloðunina. Vèl þessi er hèr sýnd í 1. myndinni, og er hún svo til búin, sem nú segir: Um valtana *A* og *B* liggur digur snúra (úr kaðli eða reipi), löguð eins og rokksnúra, nema að hún er einföld. Valtinn *A* er niðri í vatninu í kerinu eða brunninum *G*, en valtinn *B* er í stokknum *C*, sem hafður er svo hátt eða lágt fyrir ofan kerið *G*, sem hver vill, og látinn standa á stólpum. Á ásnum í valtanum *B* liggur önnur snúra um hjólið *x*, sem ekki sèst í myndinni, af því að það liggur á bak við hana. Um hjólið *x* og stóra hjólið *D* liggur hin þriðja snúra. Þegar hjólinu *D* er snúið (með sveif, sem ekki sèst í myndinni) þá snýst *x* og þá undir eins báðir valtarnir *A* og *B*. Við digru snúruna loðir nú nokkuð af vatninu í *G*, og lyptist upp með henni, svo úr því verður samfeld vatnsbuna, sem lendir í stokknum *C*. Þaðan er það síðan látið renna um pípuna *c*.

1. mynd.



c. EFNISADDRÁTTUR (*AFFINITAS*) OG SKYLDUGLEIKI LÍKAMA.

Efnisaðdráttur er það sem kemur fram í því, að lögur leysir upp fastan líkama, sem í hann er lát-

inn, og samlagar sèr hann með tímanum svo, að hann hverfur eins og inn í hann. Lögurinn er hèr starfandi; hann leysir fasta líkamann upp (bræðir hann). Þegar lögurinn er búinn að taka svo mikið í sig af pörtum hins fasta líkama, sem hann getur, þá er kallað að hann sè saddur orðinn. Seinna verður sagt frá því, hvernig það verði sèð nær lögurinn er saddur. Mörg efni, t. a. m. vatn og vínandi, sameinast ætíð, hvernig sem á stendur. Aflið, sem starfar í efnisaðdrættinum, heitir tengiafl.

Þeir líkamir, sem ætíð geta sameinast hvernig sem á stendur, eru kallaðir skyldir („harpix" leysist t. a. m. upp í vínanda, en ekki vatni).

Tengiafl líkamanna er mjög mismikið. Ef vèr látum einhvern lög velja um, hvern fastan líkama hann vill leysa upp, þá leysir hann ætíð þann upp, sem honum er skyldastur. Þá kemur skyldugleiki líkamanna fram. Þann líkama, sem lögurinn leysir ekki upp, eða sem eptir verður á botninum í honum, kalla menn botnfelldan (undanlás).

Vèr skulum nú reyna að skýra þetta fyrir oss með dæmum. Fyrst látum vèr dálítið af kvikasilfri í glerpípu, runnið vínsteinssalt, vínanda og steinolíu, hristum svo pípuna nokkuð og látum svo blönduna setjast til. En það er eptirtektavert, að legirnir í pípunni hafa ekki samlagazt við þetta, heldur eru þeir í lögum hver ofan á öðrum. Þessu næst tökum vèr blátt vitríol, sem er sameiníng af eiri og brennisteinssýru, og „sóda", sem er sameiníng af kolsýru og „natron." Vatnið leysir upp bæði vitríol og sóda. Ef blöndu þeirri er nú steypt saman, sem fæst af hvorutveggja þessu og vatninu, þá kemur fram einkennileg blöndun, og það með tvennum hætti: kolsýran myndar með eirinum líkama, sem ekki leysist upp í vatninu, heldur verður á botninum; brennisteinssýran sameinast þar á móti natroninu, og við það myndast salt nokkurt, sem vatnið leysir raunar upp, en verður þó hæglega giört sjáanlegt með kælíngu. Af þessum dæmum sèst nú:

1. Að þeir legir eru til, sem ekki eru neitt skyldir.

2. Að það er kallaður tvöfaldur skyldugleiki, þegar einn partur af samsettum líkama sameinast

einum parti af öðrum samsettum líkama, og annar partur hins fyrra sameinast öðrum parti hins síðara.

Um tengiaflið skulum vèr enn setja á oss nokkur atriði:

a. Tvö ósamkynja efni, sem eru lítið eða ekkert skyld, verða leyst upp með hinn þriðja, ef það er nógu skylt þeim. Slík upplausn er kölluð tileinkun, eða tileinkaður skyldugleiki, og efnið, sem henni kom á, heitir tileinkunarlyf. Ef pottaska er leyst upp í vatni, þá kemur fram blanda, sem vel sameinast tólg, feiti, eða olíu (þetta er efnið í sápunni). Pottaskan er hèr tileinkunarlyf.

b. Vegna þess að flestallir líkamir geta haft nokkur áhrif hverir á aðra þegar þeir eru fljótandi, þá verður og að gjöra hina föstu líkami fljótandi til þess, að þeir sameinist hverir öðrum. En opt verður þá samloðun blöndunnar meiri en samloðun líkamanna var. þannig verður eir, blandaður tini, hinn bezti klukkumálmur, blý blandað spíðglans er hinn bezti leturmálmur, o s. frv.

c. það er kunnugt, að margir líkamir, t. a. m. söltin, koma ætíð fram í vissri mynd, sem optast lýsir sèr þegar búið er að leysa þau upp, enda þó hún verði þá við ýms atvik óglöggari, eða mistakist þá stundum. þetta er kallað kristallníng. það er mönnum enn ekki ljóst, hver öfl það eru sem hèr koma fram, eða hverir eiginlegleikar hèr ráða hjá líkömunum. Líklega er orsökin til hinnar margbreyttu kristallníngar líkamanna fólgin í margbreytni tengiaflanna.

d. Efnafræðíngarnir nota hin ýmislegu skyldugleikastig líkamanna innbyrðis, stundum til þess, að láta kunn efni samlagast, og stundum til þess, að leysa samsetta líkami upp, svo þeir geti sèð efni þeirra. Við hina síðar nefndu aðferð komast menn fljótt að þeim efnum, sem ekki verða leyst upp, og sem þess vegna eru kölluð frumefni (*Element*). þessi frumefni eru nú orðin 63 að tölu *). Af því það er bæði fróðlegt og gagnlegt, að vita nokkuð um efni þessi, þá ætlum vèr að fara um þau fám orðum:

Öll frumefni, sem enn eru kunn, koma fyrir í steinaveldinu

*) Tala frumefnanna er nokkuð á reiki. *Wöhler* (1837) telur 51, *Rose* (1838) 53, *Bramsen* (1840) 54, *Fischer* (1844) 55, *Beaudant* (1847) 56, og *Fischer* (1851) 63.

og mynda, stundum blönduð á ymsa vegu, stundum óblönduð, líkami alla. þeim er skipt í málma (*Metal*) og málmbræður (*Metalloïd*), eptir ytri einkunnum þeirra. þegar súrefni (*Ilt*), köfnunarefni (*Kvælstof*), vatnsefni (*Brint*) og kolefni (*Kulstof*) eru undan tekin, þá eru þessir hinir helztu málmbræður, sem nú skal telja:

1. BRENNISTEINN, sem er eitt af þeim fáu frumefnum, sem koma fyrir óblönduð í náttúrunni. Við mikinn hita verður hann seigur og dökkur á lit, og af því hann harðnar smámsaman, ef honum er þá hellt ofan í vatn, þá er hann notaður til þess að móta á honum peninga, og ýmislegt annað smávegis. Í brennisteinssýrunni er 1 partur (veginn) af brennisteini og 3 partar (vegnir) af súrefni.

2. LJÓSBERI (*Phosphor*). Frumefni þetta kemur ekki fyrir óblandað í náttúrunni, heldur verður að ná því úr dýrabeinum eða einhverju slíku. Ljósberinn er optast nær fastur líkami, bleikgulur á lit, gagnlýstur og bráðnar fljótt. Nafnið er dregið af því, að frumefni þetta lýsir í myrkri. Sameinað vatnsefni er það svo eldfimt, að ef lopt kemur að því, þá kviknar í því. Líklegt er, að vafurlogar og ymsar eldglæríngar, sem stundum sjást yfir fenjum og foræðum, hræfareldar og fleira því líkt, eigi rót sína í ljósberanum.

3. KLÓR (*Chlor*) er gulgræn lopttegund. Andi maður dálitlu af því að sèr, þá fær maður hósta og hnerra, en andi maður miklu af því að sèr, þá er dauðinn vís. Í náttúrunni er klór æfinlega sameinað málmum. Til að ná því eru 3 hlutir af matarsalti, 2 af brúnsteini, 2½ af brennisteinssýru og 4 af vatni látnir í glerpípu, sem sett er í skál með sandi í yfir vínandaljósi, og loptið, sem upp úr pípunni gufar, er tekið í þar til gjörða flösku; það er klór. Aðalkostur klórs er, að það eyðir skaðvænni gufu og drepur jafnvel hin sterkustu sóttaefni. það er því ágætt til að reykja hús með því. Klórkalk er þó, ef til vill, enn nytsamara en klórið sjálft: það fæst með því, að láta klórið renna í gegnum brennt kalk, sem síðan er leyst upp í vatni. Klórkalkið eyðir nálykt og hreinsar loptið, allt eins og klórið. Sá sem ætlar að fara ofan í djúpa brunna eða hellra, sem lengi hafa verið byrgðir, á að ríða klórkalki um arma sèr og hendur, og sakar hann þá ekki þó loptið sè illt. Meira en helmíngur steinsaltsins er klór.

4. JÓÐ (*Jod*). Þetta fasta, svartgráa, daunilla og þefsterka frumefni kemur fyrir í þángi og steinsalti. Við hita breytist það í fagra lopttegund, fjólubláa. Jóð er álitið gott við eitlaveiki (kirtlaveiki).

5. FLÚOR (*Fluor*) er enn ekki fundinn óblandaður. Blandaður kalki myndar hann hina fögru kalkspat-kristalla, en blandaður vatnsefni er hann banvænn, eins og flúorsýran.

6. BRÓM (*Brom*) er vant að vera dökkrautt og daunillt. Það er fljótanda.

7. KÍSILL (*Kiesel. Silicium*) er aðalefni í kvarzi og fjallakristöllum.

8. BÓR er mjög sjaldgæft.

Margt mætti raunar rita og segja um frumefni þau, sem enn eru ótalin, en það á ekki við í þeirri bók, sem ekki tekur meira inn í efnafræðina, en hèr er til ætlað. Vèr sleppum því þess vegna og minnumst ekki heldur á sýrur, sölt nè neitt þesskonar.

d. ÞÝNGD (*GRAVITAS*).

Ef maður heldur steini, eða einhverjum öðrum þúngum líkama á lófa sèr, þá finnur maður að hann þrýstir á lófann, þrýstir á undirstöðu sína. Þessarar þrýstíngar á undirstöðu sína verðum vèr varir hjá öllum líkömum, þó hún sè mjög svo mismikil. Taki maður nú steininn á lopt og láti hann síðan lausan, þá fer hann þegar á rás og stefnir ofan á jörðina, þ. e. hann dettur. Ef steinninn væri hengdur upp á þræði, þá hángir hann ætíð á sama hátt, þannig, að hann stefnir niður á jörðina. Vèr vitum, að jörðin er nokkurnveginn hnöttótt, og þegar að er gætt, stefnir líkami sá, sem tálmunarlaust hángir, á miðdepil þessa hnattar. Það er því einmitt jarðarhnötturinn, sem dregur alla líkami að sèr, sem ræður stefnu líkamans, þess sem dettur eða hángir. Þessi stefna heitir hengilstefna, og aflið, sem þar kemur fram, heitir þýngdarafl. En sá eiginlegleiki líkamanna, að þeir þrýsta á undirstöðu sína, og sækja til jarðarinnar eptir hengilstefnunni, er það, sem kallað er þýngd. Með tilliti til þýngdarinnar skulum vèr nú athuga:

1. Að þýngd líkamanna á jörðinni er raunar ekki annað, en aðdráttur sá, sem sèrhver púnktur á hnettinum hefir á líkamina á yfirborði hans. Aðdrátturinn

er þó ekki í jarðarhnettinum einúngis, heldur og í líkömunum utan á honum, en með því efni hinna stærstu líkama á jörðinni er svo fjarskalega lítið í samanburði við efni jarðarhnattarins alls, þá ber og aðdráttarafl jarðarinnar aðdráttarafl líkamanna svo mjög ofurliða, að þess gætir varla.

2. Að þýngdin á sèr stærra svið, en margur kynni að ætla, því í sèrhverjum líkama í öllum alheimi er aðdráttur. Í öllu efni er samloðan; annars gæti ekkert efni átt sèr stað, enginn líkami myndast. Það er samloðan partanna, sem tilvera og mynd sólar, túngls og allra annara hnatta er komin undir. Eða hvað mundi verða úr hinum flugskjótu hnöttum á himinbrautum þeirra, ef almættið hefði ekki gefið efni þeirra samloðanina? Ef hnettirnir drægist ekki hverir að öðrum, jafnframt og brautir þeirra halda þeim hverjum frá öðrum? Þessa djúpsæju skoðun á þýngdinni hefir hinn frægi rúmfræðíngur Englendínga, Newton, fyrstur manna vakið. Sagan segir, að hann hafi einusinni verið að gánga um gólf í aldingarði nokkrum, og hafi þá dottið epli ofan úr eik einni og komið í höfuð honum. Honum kom þetta ekki á óvart, því hann vissi að það var þýngdin, sem knúði eplið niður á jörðina, en nú datt honum sú spurníng í hug, hvort eplið mundi hafa dottið eins fyrir það, þó eikin hefði verið mörgum sinnum hærri. Hann efaðist ekki um að svo hefði farið. — "En ef eikin hefði náð upp í túnglið?" — Úr þessari spurníngu gat hann ekki leyst, og kom það honum til að gjöra ymsar athuganir og tilraunir um þetta efni, og ályktun sú, er hann komst að, var undrunarverð. Hann uppgötvaði þá hið mikilvæga lögmál þýngdarinnar, að aðdráttaraflið mínkar eptir fertölum fjarlægðarinnar. Jafnvel þó að þýngdarlögmálið komi minna við eðlisfræðina, en stjörnuvísindin og hina stærðafræðislegu landafræði, munum vèr þó seinna í bókinni minnast á mörg áríðandi atriði um það.

3. Að vèr köllum þrýstíngu líkamans á undirstöðu sína: þúnga. Af því, að allir partar hvers líkama leitast við að komast niður að jörðinni, þá hlýtur þúngi líkamans að vera því meiri, sem partarnir eru fleiri. Mælir sá, sem vèr höfum til þess að vita hvað þúnginn er mikill, er öllum lesendum vorum kunnugur, og eins verkfæri þau, sem til þess eru höfð. Frakkar láta grammið, sem er millíón-partur úr einu teníngsmetri af hreinu vatni, $3\frac{1}{2}$°R. heitu, vera eíninguna í vogarmáli

sínu. Eptir þessu mynda þeir hin minni vogarmál: decígramm, centígramm, millígramm, o. s. frv., og hin stærri vogarmál: dekagramm, hektógramm, kílógramm, o. s. frv. 1 pund danskt er jafnt 500 grömmum eða hálfu kílógrammi. *)

7.

ALDEYFA (*INERTIA*).

Aldeyfu kalla menn þann eiginlegleika líkamanna, að þegar þeir eru í kyrð, þá byrja þeir enga hreifíngu af sjálfum sèr, og þegar þeir eru á hreifíngu, þá hætta þeir henni ekki fyr, en einhver annar líkami, eða aðkomanda afl, tálmar þeim að halda lengur áfram. þetta afskiptaleysi líkamanna af kyrð og hreifíngu er aldeyfa þeirra. Steinninn, sem liggur á jörðinni, og hnausinn í veggnum eru í kyrð, svo lengi sem ekkert aðkomanda afl meinar þeim það; kúlan, sem skotið er, og líkaminn, sem kastað er, hreifast einatt, þángað til lopt og þýngd, eða eitthvað fyrir utan þá, tálmar hreifíngunni. Auk þessara dæma og annara slíkra getum vèr og fundið dæmi upp á aldeyfuna í líkömum sjálfra vor. þegar hesturinn stöðvar sig snögglega á hörðum spretti, þá kastast efri hlutinn af likama reiðmannsins áfram, af því að hann vill halda hreifíngunni, sem á hann var komin. Eins er um þann, sem fer á skautum eða skíðum, að ef hann rekur skautana eða skiðin snögglega á einhverja fyrirstöðu, þá kastast hann áfram, og ef skíðin eða skautarnir hlaupa fram undan honum, þegar hann á ekki von á því, þá er hætt við að hann detti

*) þannig höfum vèr þá virt fyrir oss aðdrátt líkamanna, og getum nú sèð, að það er raunar sama aflið, sem ræður bæði í samloðan, viðloðan, efnisaðdrætti og þýngd. Vèr skulum ímynda oss, að hin óendanlega smáu frumefni sè gædd afli því, að dragast hvert að öðru (aðdráttarafli; efnisaðdrætti). þannig myndast þá líkami, svo aðdráttarafl frumefnanna kemur nú fram eins og samloðan partanna í líkamanum. þar næst lýsir það sèr í viðloðan og svo í þýngd. Efnisaðdrátturinn er þess vegna fólginn í frumefnunum frá upphafi, og það má álita hann eins og rót allra hinna greinanna í aðdrætti líkamanna.

þýð.

aptur á bak, og hafa slíkar byltur orðið mörgum að tjóni. — Sjóriðan á og rót sína í aldeyfunni.*)

Að endíngu þykir oss rètt að minnast hèr á vöxt og samgáng (*compressibilitas*) líkamanna. Þess meiri, sem hitinn er og þrýstíngin minni á líkamann, því meira fer fyrir honum (hann vex, bólgnar, þenst út), en gengur því meira saman, sem þrýstíngin er meiri og minni hitinn. Þessa höfum vèr mörg dæmi með degi hverjum, bæði á sjálfum oss og öðrum líkömum. Líkamirnir harðna og skreppa saman við kulda, en þenjast út aptur við hita**). Um þetta verður fleira talað í atriðinu um hitann.

8.

SPURNÍNGAR TIL ÞESS AÐ RIFJA UPP EPTIR.

Hvað er líkami? Eru allir sjáanlegir hlutir líkamir? Hvað eru sameinkunnir og hvað sèrstakir eiginlegleikar? Hver munur þeirra? — Hvað er rúmtaka? Hafa allir líkamir jafna rúmtöku? Á hverju er það byggt, að líkamir verða mældir? Hvað er mynd eða lögun? Hvað er stærð? Hvernig er mælir Frakka? —

---

*) Ekki eru allir náttúrufræðíngar á eitt sáttir um sameinkunnir líkamanna. H. C. Örsteð telur t. a. m. hvorki eygíngu nè aldeyfu með þeim. Hann segir, að með engu verði það sannað nè sýnt, að allir líkamir sè eygðir, og þess vegna verði eygíngin ekki með vissu talin meðal sameinkunna. Um aldeyfuna segir hann, að hún sè ekki eiginlegleiki heldur lögmál. (Sbr. *H. C. Örst. Naturlære mech. D.* Kh. 1844. 9. bls.). En allir hinir eldri náttúrufræðíngar hafa þó talið eygíngu og aldeyfu með sameinkunnum, og margir af þeim ýngri, eins og hèr er gjört. Það mun nú vera bezt, að lofa tímanum og athugunum manna betur að jafna sig í þessu atriði, áður en hlaupið er í að kasta þessum einkunnum. Samt sem áður er þó betra, að vita að minnsta kosti hvað Örsteð segir um það, hvort sem menn fallast með öllu á ætlan hans eða ekki. Sè eygíngin sèrstakur eiginlegleiki, þá mun mega rekja hana til samloðunarafls eða aðdráttarafls líkamanna. Þýð.

**) Það má enginn furða sig á því, þó að mörgum dæmum um einkunnirnar sè sleppt, því bæði eru þau svo fjarska mörg til, að varla mundi auðið að taka þau öll, og svo er og lesendunum sjálfum ætlað að finna þau. Hvervetna koma þau og fyrir síðar í bókinni, og hèr þykir nóg að drepið sè á öll aðalatriði þeirra. Þýð.

Hvað er eygíng? Eru allir líkamir jafn-eygðir? Eru nokkrir náttúruviðburðir byggðir á eygíngunni? Hver er munur á þéttum, eygðum, gagnsæjum, ógagnsæjum og gagnlýstum líkömum? Hver er munur á verulegri stærð líkama og sjáanlegri? — Hvað er þensla og þensluafl? Geta margir líkamir verið í senn í sama rúmi? — Hvað er skiptíng eða hlutan? Hver eru takmörk hennar? Er hún nema einskonar? — Hvað eru tegundir aðdráttarins margar? Hver er munur á samloðan, viðloðan, efnis-aðdrætti og þýngd? Nær verður helzt vart við styrkleika samloðunarinnar? Hvernig fór Muschenbroek að finna muninn á samloðun ymsra líkama? Hver er aðalmunur fastra líkama og fljótandi? Eru allir fljótandi líkamir eins? Hver er munur á hörðum og linum, sveigjanlegum og stökkum, stæltum og óstæltum líkömum? Hvað er viðloðan? Er hún ætíð á einn veg? Hvað er hárpípuafl og hárpípuaðdráttur? Verður viðloðan fastra líkama styrkt eða aukin með nokkru? Hvað er efnisaðdráttur? Hvað er skyldugleiki líkama? Eru allir líkamir skyldir? Hvað er kristallníng? Hvað er frumefni? Hvað eru málmar og málmbræður? Á hvern hátt lýsir þýngdin sèr? Hvernig er þýngdin mæld? — Hvað er aldeyfa? Hvernig lýsir hún sèr? — Hvað eru sameinkunnir líkamanna margar? Eru allir náttúrufræðíngar á eitt sáttir um fjölda þeirra? Hvað segir Örsteð um eygínguna og aldeyfuna? — Fer stærð líkamanna nokkuð eptir hita eða kulda? —

ANNAÐ ATRIÐI.

HREIFÍNG OG JAFNVÆGI FASTRA LÍKAMA.

1.

KYRÐ OG HREIFÍNG FASTRA LÍKAMA.

Inni í herberginu hjá oss sjáum vèr meðal annara hluta borð, stóla og ofn; úti eru fuglar á flugi og ferðamenn á gángi, en á sjónum eru skip og bátar á ferð. það er því ekki eins ástatt fyrir öllum þessum líkömum; hinir fyrstu breyta ekki stöðu sinni, heldur eru þeir kyrrir (í kyrð); hinir síðar töldu eru þar á móti á hreifíngu, að minnsta kosti í samanburði við einhverja aðra líkami. En þegar vèr nú aðgætum það, að borðið, stólarnir og ofninn eru, ásamt herberginu, á jörðinni, og að jörðin er á fleygiferð með öllu sem á henni er, þá sjáum vèr, að þessir líkamir, sem oss virðast vera hreifíngarlausir, eru þó raunar ekki í neinni algjörðri kyrð. Kyrð þeirra er einúngis viðmiðuð eða sýnileg. Algjörð kyrð væri það, ef líkaminn breytti ekki stöðu sinni með tilliti til neins sem við yrði miðað í öllum alheimi; en um slíka algjörða kyrð verður aldrei talað, því allt er á sífeldri hreifíngu og eilífri rás í heiminum.

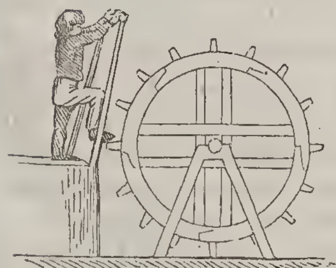
Eins og það er munur á sýnilegri og algjörðri kyrð, eins er og munur á sýnilegri og algjörðri hreifíngu. þeim sem siglir með landi fram sýnist ekki betur, en að strendurnar sè á ferð, en hann sè sjálfur kyrr. Öll sú hreifíng, sem einúngis á sèr stað með tilliti til þeirra líkama, sem ekki eru sjálfir í algjörðri kyrð, er einúngis sýnileg hreifíng. Til þess að fá hugmynd um algjörða hreifíngu er bezt að ímynda sèr eitthvert rúm í algjörðri kyrð, og sá líkami, sem þá hreifðist í þessu rúmi, væri þá á algjörðri hreifíngu. Ef jörðin stæði kyr, þá væri sá maður í algjörðri kyrð, sem gengi úr framstafni aptur í skut á meðan skipið færi rètta lengd sína áfram á sjónum, og þó væri maðurinn undir eins sjálfur á sýnilegri hreifíngu. Engum af oss mun nú verða örðugt að finna enn mörg dæmi önnur þessu lík, til þess að skýra fyrir sèr eðli og mun algjörðrar hreifíngar eða kyrðar, og sýnilegrar hreifíngar

eða kyrðar. — En það eru tvö atriði, sem vèr skulum nú einkum athuga.

1. Oss er mjög gjarnt að ímynda oss, að það sè hægur vandi að skera úr því, hvort líkami sè í kyrð eða á hreifíngu, og verðum vèr þess þó iðuglega varir, hversu torvelt það er. Eða höfum vèr aldrei tekið eptir hreifíngu þar sem oss sýndist vera kyrð, eða kyrð þar sem oss sýndist vera hreifíng? Hvernig virðist þeim öllu vera varið í kríngum sig, sem snýr sèr á hæli, eða þeim, sem veltir sèr ofan líðandi brekku? Hvað virðist oss um sólina, sem vèr á morni hverjum sjáum koma upp í austri, en renna til viðar í vestri á hverju kveldi? Hvað ber reiðmanninum fyrir sjónir, þegar hann er á hraðri ferð, og sèr fjöll og hóla á hlaupum allt í kríngum sig, eða þeim sem siglir, og sèr ströndina renna aptur með skipinu?

2. Það stendur optast nær á sama fyrir athygli vorri, hvort vèr ímyndum oss, að einhver líkami hreifist í vissa átt, eða að staðurinn, sem líkaminn er á, hreifist í gagnstæða átt. Myndin (2) skýrir þetta betur. Maðurinn ætlar að gánga eptir allri umgjörðinni á hjólinu, en þegar hann stígur á spaðana, veltur hjólið alltaf á móti honum, svo það hreifist í gagnstæða átt við þá, sem hann ætlaði í. Maðurinn stendur þess vegna alltaf á sama stað, og gengur þó eptir allri saman hjólsumgjörðinni, eða umhverfis hjólið.

2. mynd.



Sá sem vill rannsaka það, hvort jörðin í raun og veru er á veltu um ás sinn og á rás um sólina, eins og náttúrufræðíngar vorra tíma fullvissa oss um, hann verður að miða hreifíngu hennar við þá líkami, sem ekki eru í neinu nánu sambandi við hana. Hreifíngu jarðarinnar er hægast að sjá með því, að athuga vandlega sólina og allan hinn óteljandi hnattagrúa himingeimsins, og þá kemur það upp úr kafinu, að með tilliti til jarðarinnar eru allir þessir stóru líkamir eins á sig komnir, eins og hólarnir og fjöllin með tilliti til reiðmannsins.

2.

TEGUNDIR HREIFÍNGAR.

Umtalsefni þessarar greinar eru: *vegur*, *tími* og *hraði*.

1. *Rúmið*, sem líkaminn hreifist um, er *vegur* hans. Sè líkaminn, sèm hreifist, púnktur einn (t. a. m. pennasnápurinn), þá er *vegur* hans *strik* (lína), og *strikið* er *beint*, þegar púnkturinn fer allt af í sömu átt (stefnu), en *bogið* er það, þegar púnkturinn er á hverju augnabragði að breyta stefnu sinni (t. a. m. hríngur). Hvernig mun þá hreifíngin vera, þegar vegur líkamans er *hlykkjóttur*, eða allt einn *krákustígur*?

2. Öll hreifíng varir nokkuð; því það er ekki unnt að neinn líkami sè á sama augnabragðinu á fleirum en einum stað á vegi sínum. Einmitt þessi *varan* er það sem *kallað er tími*, og ber hennar að gæta við sèrhverja hreifíngu.

3. Þegar vegurinn, sem líkaminn hefir farið, er borinn saman við tímann, sem hann hafði til þess, þá kemur það fram hvað hreifíngin er mikil, eða *hraði líkamans*.

Eptir athugunum manna á hraðanum fer brekkusnígillinn hèrumbil $\frac{1}{200}$, gángandi maður 5, meðalvindur 10, gufuvagn á járnbraut 30, stormur 50, örn 90, brèfdúfa 110, fellibylur 120, hljóðið í 10 stiga hita á Réaumurs mæli 1024, byssukúla í mesta lagi 1500, stór fallbyssukúla meira enn 2000 feta á *sekúndunni*. Hreifíng um eitt fet á sekúndu er opt tekin sem eining hraðans. Þegar menn þess vegna segja, að enskur veðhlaupandi hafi hraðann 60, þá er það sama og sagt væri, að hann færi 60 feta á sekúndunni.

Líkamirnir hreifast á ymsan hátt. Þannig er t. a. m. munur á hreifíngaraðferð veltanda líkama og þess, sem dettur, og þó er hreifíngaraðferð hengilsins enn öðruvísi.

1. Ef líkaminn fer allt af jafn-lángan veg á hverju jafnlaungu tímabili á meðan hann hreifist, þá er hreifíngin *jöfn hreifíng*. *Ójöfn hreifíng* er henni gagnstæð, því þá fer líkaminn ekki jafnlánga vegarkafla á hverjum jafn-laungum tímakafla hreifíngarinnar.

2. Ef líkaminn fer allt af lengri og lengri veg á hverju jafn-laungu, nýju tímabili hreifíngarinnar,

þá er sú tegund ójafnrar hreifíngar kölluð vaxandi hreifíng. Mínkandi hreifíng er sú þar á móti, þegar líkaminn fer allt af styttri veg á næsta, jafn-laungu tímabili hreifíngar sinnar, en hann fór á því seinasta á undan.

3. Stöðugt eða jafnt vaxandi hreifíng er sú, sem á hverju nýju augnabragði er að verða eins miklum mun meiri og hún var á næsta augnabragði á undan. Stöðugt eða jafnt mínkandi er aptur á móti sú hreifíng, sem á hverju augabragði er að verða hálfu minni, en á því næsta á undan Líkami, sem dettur tálmunarlaust úr lopti ofan, fer með jafnt vaxandi hreifíngu, en líkami, sem kastað er þverbeint upp í loptið, fer þar á móti með jafnt mínkandi hreifíngu. Ef breytíng hreifíngarinnar er ekki að verða jafn mikil á hverju nýju augnabragði, þá er hreifíngin annaðhvort ójafnt vaxandi, eða ójafnt mínkandi.

En auk þessara hreifíngartegunda eru enn fleiri til, sem vèr megum ekki gleyma, t. a. m. sèrstök og sameiginleg, einföld og samsett, frjáls og ófrjáls, veltandi, titrandi, skjálfandi, o. s. frv.

Eptir lögmáli aldeyfunnar er sèrhver hreifíng bygð á afli, og eptir styrk aflsins fer og styrkur hreifíngarinnar eða hraðinn. En með því að hraðinn fer og eptir stærð líkamans, þá er þeim mun nauðsynlegra að ákveða vissan mæli fyrir afli þessu. Eining mælis þessa er afl það, sem hreifir eins punds þúnga með eins fets hraða (þ. e. eins fets lángan veg á sekúndu).

3.

JÖFN HREIFÍNG LÍKAMA.

Vèr skulum nú fyrst aðgæta, hvernig vegur, tími og hraði eru sín á milli í þessari hreifíngartegund, og skýra það fyrir oss með nokkrum dæmum.

Fyrsta dæmi. Sendimaðurinn *A* fer á 8 stundum 4 mílur vegar, en á sama tíma fer *B* ekki nema 6 mílur. Hver er þá munurinn á hraða þeirra?

Svar. Tíminn er hèr jafn, og því verður að meta hraðann eptir veginum. Munurinn á hraða (skjótleika) þeirra *A* og *B* er eins og munurinn á 4 og 6 mílum, eða 4 og 6, eða 2 og 3. *B* er þriðjúngi fljótari.

Annað dæmi. Góður skautamaður rennir sèr 18000 feta á 20 mínútum, en sleði, sem fara á sama veg, þarf 30 mínútur. Hvaða tölur sýna hèr hlutföll hraðanna?

Svar. 30 og 20, eða þær tölur, sem sýna hlutföll tímanna, því vegurinn var í þessu dæmi sá sami. Hlutföll hraðanna eru hèr þess vegna rètt eins og á milli 30 og 20, eða 3 og 2.

Þriðja dæmi. Enskur veðhlaupandi fór 360 fet á 4 sekúndum; gestafluga, sem var knúð áfram undir spreng, komst 270 fet á 2 sekúndum. Hvað miklu var þá gestaflugan fljótari en maðurinn, og hvaða tölur sýna hèr hlutföllin milli hraðanna?

Svar. Gestaflugan var $1\frac{1}{2}$ sinni fljótari en maðurinn; því á einni sekúndu fór hún $\frac{270}{2}=135$, og vegurinn, sem hún fór, var einum $\frac{360}{4}=90$ fetum styttri. Af þessu sèst og, að hlutföllin milli hraðanna eru hèr eins og hlutföllin milli $\frac{270}{2}$ og $\frac{360}{4}$, eða 135 og 90, sem er jafnt $1\frac{1}{2}$ og 1.

Í þessum þremur dæmum eru fólgnar þrjár atriðisgreinir, og þær skulum vèr setja vandlega á oss.

1. Þegar tíminn er sá sami (eða jafn), þá eru hlutföllin milli hraðanna eins og milli veganna (vegalengdanna). Sbr. 1. dæmi.

2. Þegar vegurinn er sá sami (vegalengdirnar jafnar), þá eru hlutföllin milli hraðanna öfug við hlutföll tímanna. Sbr. 2. dæmi.

3. Þegar bæði tími og vegur er ójafn, þá eru hlutföllin milli hraðanna eins og hlutföllin milli vegar hvers líkamans fyrir sig, deilds með tíma hans. Sbr. 3. dæmi.

Með dæmum þessum höfum vèr þá sýnt aðferðina til þess, að finna hraða líkamans, þegar tími og vegur eru kunnir, en nú er þá að sýna hvernig finna má: 1. veginn, þegar tími og hraði eru kunnir, og 2. tímann, þegar vegur og hraði eru til teknir. En þetta er svo hægt fyrir þann, sem numið hefir aðferðina til að finna hraðann, að vèr ætlum að láta oss nægja, að taka einúngis fram þá atriðisgrein, sem ljóst og greinilega sýnir sambandið milli vegar, tíma og hraða í allri jafnri hreifíngu.

Vegurinn, sem líkami á jafnri hreifíngu fer, er í hlutföllum við tímann; hann finnst, þegar hraðinn er margfaldaður með tímanum.

Ef *v* þýðir veginn, *t* tímann og *h* hraðann, þá er:

$$\text{I. } v = th\text{; II. } t = \frac{v}{h}\text{, og III. } h = \frac{v}{t}.$$

Það er með orðum sagt: vegurinn er = tími margfaldaður með hraða, tíminn er = vegur deildur með hraða; hraðinn er = vegur deildur með tíma.

Þessu næst er nú að athuga hið annað aðalatriði i hinni jöfnu hreifíngu, og nær það til allra þeirra atvika, þegar líkaminn er á meira en einskonar hreifíngu í einu. Vèr skulum skýra þetta fyrir oss með dæmum.

Fyrsta dæmi. Skip, sem var á siglíngu, fór 500 feta á mínútu. Maður, sem staðið hafði kyrr við lyptínguna, gekk á sama tíma fram að siglu, en það voru 80 fet. Hvað er þá maðurinn í raun og veru kominn lángt áfram á þessari einu mínútu?

Svar. 580 fet; því auk þeirra 500 feta, sem skipið fór, gekk maðurinn sjálfur 80 fet áfram í sömu átt (stefnu).

Annað dæmi. En hvernig ætla það hefði nú farið, ef maðurinn hefði gengið frá siglunni aptur að lyptíngu, 80 fet, á meðan skipið hefði farið 500 fet áfram?

Svar. Hann hefði þá komizt 500 — 80 = 420 fet áfram.

Í þessum tveimur dæmum eru fólgnar atriðisgreinir þær, sem hèr segir:

1. Hafi bæði öflin (eða öll öflin, ef þau eru fleiri en tvö) sömu stefnu, þá verður hraðinn jafn samtölu beggja (allra) aflanna.

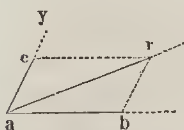
2. Ef öflin stefna hvort á móti öðru, þá er líkaminn í kyrð ef öflin eru jöfn, en sè þau missterk, þá hreifist líkaminn eptir stefnu sterkara aflsins, og með þeim hraða, sem er jafn mismun aflanna.

Til að gjöra sèr þessa síðari atriðisgrein ljósari þarf ekki annað en ímynda sèr einhvern líkama, sem tvö öfl knýi í tvær gagnstæðar stefnur, t. a. m. ef tveir menn togast á um eitthvað. Svo lengi sem hvorugur dregur af öðrum eru öflin (átökin) jöfn, og líkaminn hreifist þá eptir hvorugu aflinu. En þegar annar dregur af hinum, þá er afl hans meira, og líkaminn hreifist þá með þeim hraða, sem er jafn aflsmun (átaksmun) mannanna.

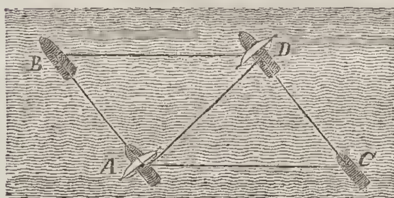
Lengri tíma þarf til þess, að sjá hvað mikil hreifíng (hraði)

líkamans er, þegar fleiri en eitt eða tvö öfl knýja hann. — Púnkturinn getur þannig hreifzt eptir strikinu (línunni), strikið eptir fletinum, flöturinn eptir líkamanum, og líkaminn eptir stærra rúmi en hann tekur sjálfur. — En þó þessi starfi sè nokkuð örðugri en hinn, sem vèr höfum lýst hèr að framan, þá kemur hèr þó ekki annað fram í raun og veru, en ítrekun og upptekníng þess áður fundna. Öðruvísi er þessu varið, þegar öflin stefna ekki öll í sömu átt, eða þegar stefnur þeirra skerast og mynda horn sín á milli. Vèr skulum nú athuga vel myndina (3.) sem hèr stendur. *a* er líkami sá, sem öflin *ay* og *ax* knýja áfram. Vèr eigum nú að finna hraða þessa líkama. Öflin skyldu nú bæði starfa í sama augnabragðinu og aflið *ay* skyldi á einni mínútu geta hreift líkamann til *c*, en *ax* á sama tíma til *b*. Vèr sjáum nú, að líkaminn getur eptir hvorugri aflstefnunni farið, því þá yrði hann að vera á tveimur stöðum á sama augnabragðinu. Til þess að vita nú hvar líkaminn er á hverju augnabragði á hreifíngunni, verður að draga strikið *cr* samhliða *ab* og *br* samhliða *ac*. Í skurðardepli þessara nýju strika er nú líkaminn staddur á sama augnabragði og hann hefði átt að vera í deplinum *c* eða *b*, ef annaðhvort aflanna hefði verið einsamalt um hituna. Hornalínan *ar* er stefna sú, sem líkaminn hreifist eptir, þegar svona stendur á, eins og hèr er gjört ráð fyrir. Þetta verður enn ljósara af 4. myndinni, og dæmi því, sem nú kemur. Línurnar *AB* og *CD* skyldu vera árbakkar, og ferjan skyldi eiga að fara frá landi í deplinum *A*. Væri nú vindurinn einn um hituna, þá mundi hann á einum fjórðúngi stundar knýja ferjuna frá *A* til *B*, en ef straumurinn rèði einn, þá mundi hann á sama tíma bera hana til *C*. Ef að nú bæði þessi öfl, vindur og straumur, knýja ferjuna í einu, þá verður hún eptir fjórðúng stundar lent í *D*, og hefir farið eptir hornalínunni *AD*. En hvar mundi nú líkaminn *a* í 5. mynd vera, þegar hann væri einmitt hálfnaður með veg sinn? Hann yrði þá í deplinum

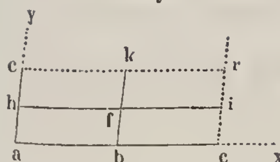
3. mynd.



4. mynd.



5. mynd.



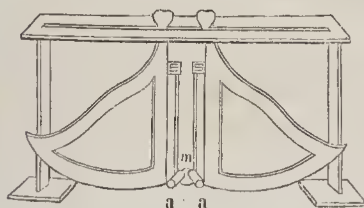
f eða í miðri hornalínunni *ar*. Á sama hátt má og finna hvar líkaminn er, þegar hann hefir farið þriðjúng, fjórðúng, fimmtúng, o. s. frv., af vegi sínum. Myndin — aflasamhliðinn — er ætíð dregin upp eptir sömu reglu og sýnt var við 3. mynd, og hornalínan er ætíð stefnulína beggja aflanna saman, eða úrverðandi þeirra, og sýnir hún jafnan hverja leið líkaminn hreifist um.

En það er ekki stefnan ein, sem hornalína aflasamhliðans sýnir, heldur sýnir hún og aflið, sem líkamann hreifir, eða hvað mikið af öflunum að einsog nýtur sín, og hvað mikið af þeim fer til ónýtis. Ef t. a. m. aflið *ac* í 3. mynd væri 3 fjórðúngar, en *ab* 5, þá er að mæla línuna *ac* og línuna *ab* og hornalínuna *ar* allar með sama mæli; kemur það þá fram, að hornalínan er hèr rúmlega helmíngi lengri en *ac*, og þar af sèst þá, að af öllu þessu 8 fjórðúnga afli koma rúmir 7 fjórðúngar að notum, til þess að hreifa líkamann; hitt ónýtist, af því að öflin stefndu svo mikið hvort frá öðru.

Eins má og finna hlutföll aflanna í ferjudæminu, með því að mæla línurnar *AB* og *AC* (í 4. mynd). *AB* (vindsaflið) skyldi þar vera 63, en *AC* (straumsaflið) 87, sem samtals yrði 150. *AD* (úrverðandinn), sem er afl það, er í raun og veru kemur að notum, er eptir sama mæli 70, svo hèr fara 80 afls til ónýtis.

Af þessu sèst þá: að því meira sem öflin stefna hvort út frá öðru, því meira fer til ónýtis af þeim, eða: því nær sem stefnulínur aflanna liggja hver annari, því betur nýtur þeirra við til að hreifa líkamann.

6. mynd.



Menn hafa fundið upp yms áhöld, til þess að gjöra áhrif tveggja (samstarfandi) afla á líkamann sjáanleg. 6. myndin sýnir eitt af tólum þessum. Höfundur þess hèt Mollet. Í því eru hamrar tveir *aa*, sem svo má koma fyrir, að þeir myndi frá 0°

til 180° horn á milli sín. Svo má láta þá slá í sama augnabragðinu báða á kúluna *m*, en henni er ætlað slètt borð, lárètt, til að renna eptir undan högginu. Kúlan fer ætíð eptir hornalínu beggja hamarstefnanna.

Að lyktum skulum vèr setja á oss atriði þau, sem nú segir:

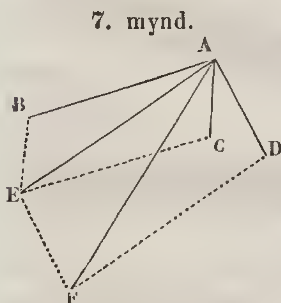
1. Það er sama, hvort sagt er, að líkaminn *a* (í 3. mynd) fari með hvorutveggja hraðanum *ab* og *ac*, eða að hann fari eptir hornalínunni *ar*.

2. Eins og það má sameina tvær aflastefnur í eina, eins má og álíta hverja **eina** aflastefnu orðna til af tveimur, eða hornalínu í aflasamhliða. Það er eins hægt að leysa *ar* upp i *ab* og *ac*, eins og að láta *ab* og *ac* verða að henni. Það kemur og þrávalt fyrir, að það verður þannig að leysa eitt afl upp í 2 (eða fleiri) öfl.

3. Því mjórra sem hornið er milli aflastefnanna, því lengri verður og hornalinan í aflasamhliðanum, og því meiri er þá undir eins hraði líkamans, eða: því betur nýtur þar aflanna.

Ef 3, 4, 5, eða fleiri öfl knýja sama líkamann, og sitt eptir hverri stefnu, þá er þó hreifíngarstefna líkamans auðfundin með aflasamhliðanum. Þetta skulum vèr nú skýra fyrir oss með 7. myndinni. Líkaminn skyldi vera *A* og aflið *K* skyldi knýja hann eptir stefnunni *AB*, *K'* eptir *AC* og *K''* eptir *AD* á vissum tíma. Þá er nú fyrst að taka einhver tvö öflin, t. a. m. *K* og *K'*, og mynda við þau aflasamhliða, til þess að finna úrverðanda þeirra *K'''*, og verður hann hornalínan *AE* í samhliðanum *ABEC*. Þar næst er þá að finna úrverðanda aflsins *K'''* og aflsins *K''*, sem eptir var. Þá er að draga upp samhliðann *AEFD*, og hornalína hans *AF* er lína sú, sem að var leitað. Hún er stefnulína afls þess, sem vèr getum kallað *K''''*, og undir eins er hún stefnulína líkamans *A*. Með þessari aðferð má finna úrverðanda svo margra afla, sem vera skal.

7. mynd.



4.
JAFNT VAXANDI OG JAFNT MÍNKANDI HREIFÍNG.

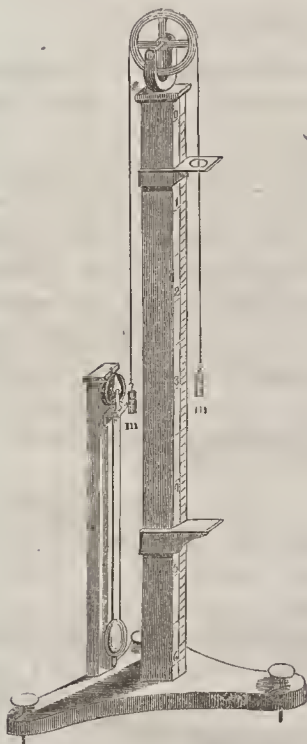
a. JAFNT VAXANDI HREIFÍNG.

Af öllum hinum margbreyttu hreifíngartegundum líkamanna er hin jafnt vaxandi einhver sú auðskildasta. Vèr skulum því snúa máli voru að henni hið allra bráðasta.

Láti maður blýkúlu, steinvölu, eða eitthvað annað þess konar, nokkrum sinnum detta ofan á lófa sèr og frá sinni hæð í hvert skipti, þá finnur maður að höggið verður því meira á lófann, sem líkaminn datt úr meiri hæð. Einhverjum kynni nú að detta í hug, hvort það mundi hættulaust, að kúlan dytti á lófa manns ef hún kæmi frá einhverri óskaplegri hæð, ofan af háu fjalli eða turni. Oss er óhætt að neita því, og dæmið, sem vèr minntumst þegar á, er nóg til að sanna það með. Vèr sjáum það af því, að það er eins og einskonar harðfylgi sè hraðanum samfara, en fallhraðinn er því meiri, sem fallhæðin er meiri. En mundi nú fjöðrin, stráið, brèfsnepillinn, og aðrir slíkir líkamir, sem eru vanir að vera lengi að vefjast í loptinu áður en þeir koma niður, vera þessu lögmáli háðir? þessari spurníngu játum vèr hiklaust, því það er einúngis loptið, sem hamlar þeim frá að ná þeim hraða, sem hinir líkamirnir ná, sem þýngri eru. Í loptleysu dettur dúnfjöðrin með sama hraða og steinninn. Hèr er því einúngis talað um líkami, sem detta í loptleysu (þ. e. í rúmi, sem ekkert lopt er í), eða sem alls engri fyrirstöðu mæta á meðan þeir eru að detta.

Margir (og þar á meðal hinn frægi Galíleí) hafa reynt til að komast að lögmálinu fyrir jafnt vaxandi hreifíngu, eða tálmunarlausu falli líkama, eins og vèr munum síðar kalla það. Galíleí lèt blýkúlu detta ofan úr háum turni, og setti menn hærra og lægra í turninn til að aðgæta á hverju augnabragði kúlan dytti niður hjá þeim. En þessi aðferð gat aldrei orðið viss nè nákvæm, því skjótleiki kúlunnar var meiri en það, að mennirnir gæti ætíð athugað eða sèð hið ákveðna augnabragð. þá er fallvèl Atvóðs mun betur fallin til allra þesskonar athugana og tilrauna. Á henni má láta líkamann detta svo hægt og hart, sem hver vill. Vèl þessi er þráðbeinn trèstólpi, hèrumbil 7 feta hár og með

8. mynd.



skoruhjóli ofan á. Á hjólinu er snúra með sínu lóði (*m m*) á hvorjum enda. Lóðin eru sívöl og bæði jafn þúng. þegar vèr vitum, að snúran er að mestu leyti þúngalaus, og að hjólið veltur nærri því fyrirstöðulaust, eða án þess, að núníngsfyrirstaðan tálmi því nokkuð, þá er auðvitað, að hvað lítið sem ýtt væri á annaðhvort lóðið, þá komast þau bæði á jafna hreifíngu (þ. e. annað fer eins lángt upp og hitt fer niður). þegar tilraun skal gjöra á vèl þessa, þá er dálítil málmstaung lögð á annað lóðið, og fer það þá niður, en hitt upp. því þýngri sem málmstaungin er, því hraðara hreifast lóðin. Málmstaungin getur verið svo lètt og þúng, sem hver vill, en nákvæmlega þarf hún að vera vegin. Ef hún er 1 lóð, en lóðin hvort um sig 7 lóð, þá verður aflið, sem kemur hreifíngunni á, að vera 15 sinnum minna, en annars, því nú beitir það sèr ekki á málmstaungina eina, heldur og á bæði lóðin undir eins. þetta er með öðrum orðum, að málmstaungin dettur nú með 15 sinnum minni hraða, en hún mundi gjöra á jafn-laungum tíma, ef hún dytti tálmunarlaust. Menn geta nú búið svo um, að málmstaungin detti rèttan þumlúng á fyrstu sekúndunni.

Uppstandaranum á vèl þessari er skipt í marga jafn-lánga parta, svo að hver partur er látinn vera 1 þumlúngur. Efsta strik mælisins er merkt með 0 (núlli), og er það kallað n ú l l - p ú n k t u r hans. Frá núllpúnktinum eru þumlúngarnir taldir ofan eptir. Hèr að auki eru tveir spaðar á uppstandaranum, sem færa má upp og ofan eptir honum. Á efri spaðanum er krínglótt gat, sem lóðið getur dottið ofan um. — Áður en vèr skýrum frá lögmálinu fyrir hinni jafnt vaxandi hreifíngu, sem náttúrufræðíngarnir hafa uppgötvað, og það helzt með þessari fallvèl, skulum

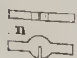
vèr fyrst reyna að komast eptir lögmáli þessu á annan veg, ef vèr getum.

Vèr vitum, að líkaminn heldur áfram að vera í kyrð eða á hreifíngu, svo lengi sem ekkert aðkomandi afl hamlar honum frá því. Vèr vitum og, að þýngdin hefir á hverju augnabragði áhrif á alla líkami án undantekníngar. Þessa hvorutveggja verðum vèr að gæta við alla jafnt vaxandi hreifíngu. Hraði sá, sem þýngdaraflið kæmi á líkama, sem tálmunarlaust dettur, á fyrsta tímabili fallsins, t. a. m. þúsundasta parti einnar sekúndu, mundi halda áfram að hrífa á líkamann, þó engin ný áhrif kæmi frá þýngdaraflinu. En þýngdaraflið hefir sömu áhrif á hverju nýju tímabili á líkamann, eins og það hafði á því fyrsta. Hraði líkamans verður því á öðru tímabili fallsins $1 + 1 = 2$, á 3. tímab. $1 + 1 + 1 = 3$, o. s. frv. Allt eins er og ástatt með veginn eða vegalengdina, sem líkaminn dettur um (fallhæðina), að hún fer allt af vaxandi undir eins og hraðinn, en hún vex þó ekki jafnt honum, heldur meira. — En vèr megum ekki gleyma því, að í staðinn fyrir þessi óendanlega smáu tímabil megum vèr ekki setja önnur stærri, t. a. m. sekúndur, mínútur, o. s. frv., heldur verður að reikna það út, hvernig fallhraðanum á þeim er varið.

Gjörum nú ráð fyrir að botnflöt lóðsins m, sem málmstaungin liggur á, beri rètt við efsta strik (núllpúnkt) fallmælisins á vèlinni, og dytti einn þumlúng á fyrstu sekúndu. Neðri spaðinn á uppstandaranum skyldi vera settur við t. a. m. 4, 9, 16, 25 þumlúnga, og munum vèr þá heyra, að eptir 2 sekúndur kemur lóðið að 4, eptir 3 sek. að 9, eptir 4 sek. að 16, o. s. frv.

Af því, sem nú hefir sagt verið, er það auðráðið, að það verður ekki sèð af öðru en þýngdaraukanum (málmstaunginni), hvað mikið hið vaxanda afl er. Yrði því þýngdaraukinn í einu augnabragði numinn burtu af lóðinu m, eða gjörður þýngdarlaus, þá mundu lóðin hreifast á eptir með jöfnum hraða, og þenna jafna hraða má nú finna á hverju tímabili sem vill, t. a. m. á einni sekúndu. Vèr skulum nú kalla þýngdaraukann n, og láta hann vera eins lagaðan og 9. myndin sýnir. Þá má láta hann verða eptir á spaðanum, sem gatið er á, á hverju augnabragði sem menn kjósa sèr. Það skyldi nú vera eins um búið og áður: botnflöt lóðsins skyldi bera við núllpúnktinn, og efri flötur spaðans, með gatinu á, skal standa á 1. þuml. Efri flötur heila spaðans skal vera eins lángt

9. mynd.



fyrir neðan 3 þuml. og lóðið, sem þýngdaraukinn er á, er lángt. Þegar búið er að miða allt þetta niður og setja það eins og vera ber, þá er þúnganum sleppt á stað, og við lok 1. sek. kemur þýngdaraukinn á efra spaðann og verður þar eptir, en lóðið heldur áfram niður um gatið, og skellur á neðra spaðanum við lok annarar sekúndu. Efsti depill lóðsins hefir þá á 1. sek. farið veginn frá 0 til 1 á mælinum með jafnt vaxanda hraða, en á 2. sek. frá 1 til 3 með jöfnum hraða. Til að gjöra sèr þetta enn ljósara þarf ekki annað en haga þýngdaraukanum svo, að hann á 1. sek. detti 2, 3, 4 eða 5 þumlúnga lángan veg. Þegar svo er búið um fer lóðið á hverri sekúndu á eptir 4, 9, 16 eða 25 þumlúnga. —

Þetta, sem nú hefir verið sagt um hina jafnt vaxandi hreifíngu, sýnir þá: að

H r a ð i n n, s e m l í k a m i s á, s e m t á l m u n a r l a u s t d e t t u r, n æ r á v i s s u m t í m a b i l u m, e r í s ö m u h l u t f ö l l u m v i ð s j á l f a n s i g o g t í m a b i l i n e r u í h v e r t v i ð a n n a ð; — v e g u r i n n, s e m l í k a m i n n d e t t u r u m á h v e r j u e i n s t ö k u t í m a b i l i e p t i r a n n a ð, e r í s ö m u h l u t f ö l l u m v i ð s j á l f a n s i g, o g o d d a t ö l u r n a r e r u í s í n á m i l l i; — a l l u r s á v e g u r, s e m l í k a m i n n h e f i r d o t t i ð, e r í h l u t f ö l l u m v i ð f e r t ö l u r (*Quadrat*) t í m a n s a l l s, f r á þ v í h a n n b y r j a ð i a ð d e t t a o g þ á n g a ð t i l h a n n h a f ð i l o k i ð þ v í.

Vera má, að sumir af lesendum vorum skilji ekki lögmál þetta, og ætlum vèr því að reyna til að gjöra það enn ljósara. Reynslan sýnir, að hraði líkama, sem tálmunarlaust dettur, er við lok 1. sek. orðinn 30 fet, við lok 2. sek. 60 fet, við lok 3. sek. 90 fet, og við lok 4. sek. 120 fet o. s. frv. Nú er að finna meðalhraða líkamans á sèrhverju þessara tímabila. Þegar þess er gætt, að hraði líkamans, sem dettur, er 0 (ekki neitt) við byrjun 1. sek., en við lok hennar 30, þá er auðsætt, að meðalhraðinn á þessu tímabili er 15 fet, svo líkaminn hefir þá í raun og veru dottið 15 fet á 1. sek. Við byrjun 2. sek. er fallhraðinn 30, en við lok hennar 60; meðalhraðinn á 2. sek. er því 45 fet. Með þessum hætti reynist, að meðalhraðinn á 3. sek. er 75 fet, á 4. sek. 105, á 5. sek. 135 fet, o. s. frv. Vegurinn vex því á hverju tímabili eptir annað eins og oddatölurnar. — Hèr af leiðir nú aptur beinlínis þriðja atriðið í lögmálinu, sem vèr bárum upp fyrir skömmu. Vèr vitum að vegurinn (fallhæðin) allur er við lok 2. sek. 1 + 3

$= 4$ sinnum 15 fet, við lok 3. sek. $1 + 3 + 5 = 9$ sinnum 15 fet, við lok 4. sek. $1 + 3 + 5 + 7 = 16$ sinnum 15 fet, við lok 5. sek. $1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25$ sinnum 15 fet, o. s. frv. — og vèr vitum einnig, að 4 er fertalan af 2 ($2 \times 2 = 4$), 9 fertalan af 3 ($3 \times 3 = 9$), 16 fertalan af 4 ($4 \times 4 = 16$), 25 fertalan af 5 ($5 \times 5 = 25$), o. s. frv. Af þessu sèst þá, að vegur líkama, sem tálmunarlaust dettur, er í hlutföllum við fertölur tímans.

Til þess að oss verði þetta minnistæðara, skulum vèr taka oss þrjú úrlausnarefni til að reyna oss á.

Fyrsta úrlausnarefni. Að vita hvað lángan veg sá líkami, sem tálmunarlaust dettur, er búinn að fara eptir vissan tíma; t. a. m. 4, 7, 9 sekúndur, o. s. frv.

Annað úrlausnarefni. Að ákveða hversu lángan tíma líkaminn þarf til að detta vissan veg.

Þriðja úrlausnarefni. Að ákveða hraðann, sem líkaminn hefir náð, þegar hann er búinn að detta vissan tíma, eða vissan veg.

Úrlausn allra þriggja úrlausnarefna. **Vegurinn** finnst með því, að margfalda 15 fet með fertölu sekúndanna. — **Tíminn** finnst með því, að skipta (deila) veginum (fallhæðinni), sem ætíð þarf að vera ákveðinn í fetum, með 15, og draga svo fertölurótina út af hlutatölunni (*Quotient*). — **Hraðinn** finnst með því, að margfalda sekúndufjöldann með 30, eða með því, að leita upp fertölurót þeirrar tölu, sem til tekur sexfaldan veg (fallhæð).

Vèr treystum því, að með athygli og eigin eptirhugsan muni lesendum vorum nú takast að sjá hvað nytsamt það er, að vita og þekkja lögmálið fyrir hinni jafnt vaxandi hreifíngu, eða fyrir fallhraðanum, og þegar maður skilur í nytsemi þess, sem nema skal, þá verður námið ærnum mun skemtilegra og lèttara. Vèr ætlum einúngis að benda á það, að menn geta hèrumbil mælt, t. a. m. hvað djúpir brunnar, gjár og jarðsprúngur eru, með fallhraðanum, og getur það opt komið sèr vel, þegar svo ber undir, að slíkra mælínga þykir við þurfa, en engin mælíngatól eru við hendina.

Vèr skulum nú kalla mæli fallhraðans við lok fyrstu sekúndu g; fallhæðina (veginn) í t sekúndur skulum vèr kalla s; c skal vera hraðinn, sem kominn er á líkamann á t sekúndum, og þá

getum vèr falið allt hið framan ritaða lögmál í þessari stuttu reikníngsreglu (*formula*), sem að minnsta kosti sumir af lesendum vorum munu skilja.

$$\text{I. } s = \frac{g}{2} t^2; \text{ II. } c = gt, \text{ eða: af því } c^2 = g^2t^2 \text{ og } \frac{c^2}{s} = 2g;$$

$$\text{III. } c = \sqrt{2gs}.$$

Margir hafa athugað fallhraða líkama, sem dottið hafa frá ærni hæð, t. a. m. Guelimini. Hann athugaði fallhraða líkama, sem datt úr 241 fets hæð ofan af einum hallturninum í Bologna. Benzenberg gjörði svipaða tilraun (1802) með líkama, sem datt frá 235 feta hæð ofan af Mikjálsturni í Hamborg, og á öðrum líkama, sem datt ofan í 260 feta djúpa kolanámu hjá Schlebus í greifadæminu Mark (í Prússalandi). þessar og aðrar slíkar athuganir hafa allar staðfest lögmál fallhraðans, þegar loptsfyrirstaðan er tekin til greina, en hún vex töluvert með fallhraðanum. þessar athuganir hafa og orðið orsök til annarar mikilvægrar uppgötvunar, og það er sú, að líkamirnir detta ekki öldúngis þverbeint niður. Síðar í bókinni munum vèr tala um orsakirnar til þessarar fallskekkju, sem í rauninni er mjög lítil og vandasamt að sjá.

b. JAFNT MÍNKANDI HREIFÍNG.

a
b
c
d
e

10. mynd.

Reynslan er víst fyrir laungu búin að sýna flestum lesenda vorra, að sá líkami, sem kastað er beint upp í loptið, fer með mínkanda hraða upp eptir, og sýnist á endanum að nema staðar og dettur svo niður aptur á jörðina. En verið getur, að það sè mörgum ekki ljóst, að þessi kasthreifíng líkamans upp eptir er jafnt mínkandi, jafnvel þó það sè auðskilið og auðsèð. því þegar gætt er að þýngdinni, þá sèst það brátt, að hún hlýtur eins jafnt og þètt að draga úr ferð líkamans, sem kastað er beint upp í loptið, eins og hún eykur fallhraðann, þegar líkaminn dettur. Sè t. a. m. steini kastað beint upp í loptið með þeim hraða, að hann á 1. sek. komist frá *e* til *d* (á mælinum í 10. mynd), þá kemst hann á 2. sek. til *c*, á 3. sek. til *b* og á 4. sek. til *a*. Vèr skulum nú setja það á oss, að frá *e* til *d* eru 7, frá *d* til *c* 5, frá *c* til *b* 3 og frá *b* til *a* 1 kafli á mælinum, sem hèr er farið eptir. Við *a* nemur líkaminn staðar eitt augna-

bragð, og fer svo að detta niður aptur. Á 5. sek. kemst hann frá *a* til *b*, á 6. sek. til *c*, á 7. sek. til *d*, og á 8. sek. kemst hann aptur til *e*, sem hann hóf ferð sína frá í fyrstunni. Líkaminn hefir því alls verið 8 sekúndur á hreifíngunni upp og ofan. Vèr skulum nú ímynda oss, að líkaminn hafi allra fyrst haft 120 feta hraða og við lok 1. sek. 120—30=90 feta, við lok 2. sek. 90—30=60 feta, við lok 3. sek. 60—30=30 feta, við lok 4. sek. 30—30=0 feta, við lok 5. sek. 0 + 30=30 feta, við lok 6. sek. 30 + 30=60 feta, við lok 7. sek. 60 + 30=90 feta, og við lok 8. sek. 90 + 30 = 120 feta hraða. þegar vèr erum búnir að gjöra oss þetta dæmi tamt og vel skiljanlegt, þá getum vèr svarað uppá hverja spurníngu sem er, og við kemur hæð, tíma og hraða líkama, sem kastað er þverbeint upp í loptið.

Viti maður hvað lángt er frá því augabragði, sem líkaminn byrjar ferð sína upp, og þángað til hann kemur niður aptur á sama stað, þá getur maður og vitað, bæði hvað hátt hann fór, og hvað hraði hans var mikill á leiðinni. Tíminn skyldi nú t. a. m. vera 12 sekúndur, og hefir þá líkaminn verið 6 sekúndur upp og aðrar 6 niður. Hann hefir farið 6 sinnum 6 eða 36 sinnum 15 (þ. e. 540) feta hátt alls, og hefir við lok 1. sek. haft 180 feta hraða.

Vèr skulum láta *h* þýða hæðina, *H* hraðann, sem líkamanum var kastað með í fyrstu, *t* hvern tíma, sem vera skal, og *T* þann tíma, þegar líkaminn var hæst. þar næst bætum vèr hinum áður kunnu stærðum *g*, *t* og *c* við, og þá verður:

$$\text{I. } c = H - gt, \text{ og } c = o = H - gT; \text{ II. } t = \frac{H-c}{g}, \text{ og } T = \frac{H}{g};$$

$$\text{III. } h = HT - \frac{g}{2} t^2.$$

það er mjög áríðanda, að skýra þessar reglur sem bezt fyrir sèr, og reikna eptir þeim yms dæmi. Vèr skulum t. a. m. reikna það, hvað hátt sú fallbyssukúla fer, sem skotið er beint upp í loptið með 1600 feta hraða, hvað margar sekúndur hún er að fara upp, og hvað mikill hraði hennar er á einhverjum vissum tíma, t. a. m. við lok 7. sekúndu.

Reikníngur: *T* er $= \frac{1600}{30} = 53\frac{1}{3}$ sekúndu; þ. e. kúlan

er $53\frac{1}{3}$ sek. að fara upp (sbr. $T=\frac{H}{g}$). — *h* er $1600 \times 53\frac{1}{3} - 15 \times (53\frac{1}{3})^2 = 85333\frac{1}{3} - 42666\frac{2}{3}$ fets (sbr. $h=HT-\frac{g}{2}t^2$). — *c* er $1600-30 \times 7 = 1600-210 = 1390$ fet (sbr. $c=H-gt$).

Nú kynni einhverjum að detta í hug: hvort það væri ekki unnt að láta neinn líkama fljúga í burtu frá jörðinni með svo miklum hraða, að hann kæmi aldrei niður á hana aptur. Þessu er oss óhætt að neita, því enginn maður, og engin tól mannanna, eru gædd því afli, sem til þess þarf að koma 35000 feta hraða á nokkurn líkama á 1. sekúndu kasthreifíngarinnar upp í loptið. En þetta er sá minnsti hraði, sem líkaminn verður að hafa, til þess, að hann detti ekki niður aptur á jörðina. Seinna í bókinni verður minnzt á það, hvort hinir svo kölluðu skruggusteinar geti verið komnir frá túnglinu til jarðarinnar, og þess vegna sleppum vèr því að sinni.

Allar þessar reglur og reikníngar, sem hèr eru taldar, eiga þó einúngis við um þá líkami, sem hvorki fara afar hátt í lopt upp, nè detta fjarska djúpt; því þýngdaraflið mínkar töluvert þegar mjög dregur lángt frá jörðinni.

5.

FRJÁLSAR BJÚGHREIFÍNGAR LÍKAMA.

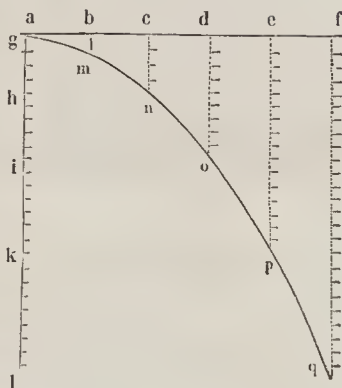
a. KASTHREIFÍNGAR.

Vèr höfum líklega optar en einusinni tekið eptir því, að líkami sá, sem maður kastar beint út frá sèr, fer ekki eptir beinni stefnu, heldur boginni. En vèr megum ekki ætla, að þessi bogna hreifíngarstefna líkamans sè ætíð eins löguð, eða eins bogin, því hún fer eptir því, hvernig líkamanum er kastað, þ. e. hvort honum er kastað beint (lárètt) út, eða upp á við, eða niður á við. Vèr skulum reyna að gjöra oss þetta ljóst með dæmum.

Í 11. myndinni er *a* hæð nokkur, og út frá henni skyldi vera kastað kúlu eptir lárèttri stefnu *af*. Væri ekki þýngdin, þá efumst vèr ekki um, að kúlan færi og eptir þessari stefnu með jöfnum hraða allt af, samkvæmt lögmáli aldeyfunnar. *al* táknar í

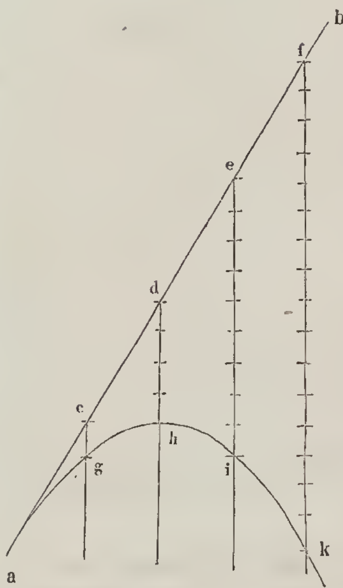
myndinni þá stefnu, sem líkaminn mundi taka, ef hann dytti tálmunarlaust niður frá *a*. Meðan að líkaminn, sem kastað er, er á leiðinni frá *a* til *f*, þá er og þýngdin á hverju augnabragði að knýja hann niður á við. Braut hins kastaða líkama verður þess vegna mjög einkennileg. Þýngdin, sem allt af setur í þverbeina (*vertikal*) stefnu, eykur hvorki nè mínkar hraða líkamans eptir lárèttri (*horizontal*) stefnu. Þess vegna fer og líkaminn á hverju tímabili hreifíngarinnar eins lángan veg áfram, eins og þýngdin hefði alls engin áhrif á hann, en á hinn bóginn dettur hann eins lángt niður á hverju þessu tímabili, eins og líkami, sem tálmunarlaust dettur. Til þess að finna nú braut líkamans, mörkum vèr á *af* kafla þá, sem líkaminn fer áfram á hverju tímabili, en á *al* þá kafla, sem hann dettur um á hverju þessara tímabila. Gæti nú kastið á 1. sek. flutt líkamann frá *a* til *b*, en þýngdin á sama tímabili til *g*, þá verður hann í raun og veru við lok 1. sek. í deplinum *m*, sem er skurðarpúnktur strikanna *bm* og *gm*. Á 2. sek. skyldi hann eiga að komast til *c* eða *h*, á 3. sek. til *d* eða *i*, á 4. sek. til *e* eða *k*, á 5. sek. til *f* eða *l*. Vèr drögum þá línur frá *c*, *d*, *e* og *f*, samhliða *al*, og aðrar frá *h*, *i*, *k* og *l*, samhliða *af*, og líkaminn verður ætíð í skurðarpúnkti þeirra: við lok 2. sek. í *n*, við lok 3. sek. í *o*, við lok 4. sek. í *p*, og við lok 5. sek. í *q*. Bjúglínan *aq* er þess vegna braut hins kastaða líkama, og er rètt að skoða hana eins og áfram haldandi hornalínu í allt einum aflasamhliðum, sem á hverju augabragði hreifíngarinnar væri að myndast af hinum missterku öflum: kastaflinu *af* og þýngdaraflinu *al*. Annað aflið er allt af jafnt, en annað er allt af sívaxandi, og þessvegna verður hreifíngarbraut líkamans bogin.

11. mynd.



En nú skyldi líkamanum ekki vera kastað lárètt út frá depl-

12. mynd.



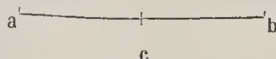
inum *a*, heldur upp á við; t. a. m. eptir stefnunni *ab* (í 12. mynd). Honum skyldi vera kastað með svo miklu afli, að hann færi á 1. sek. til *c*, á 2. sek. til *d*, á 3. sek. til *e*, á 4. sek. til *f*, ef þýngdin væri ekki. Vèr drögum nú þverbeinar línur frá mörkunum *c*, *d*, *e*, *f* og mörkum á þeim fallhæð líkamans á hverri sekúndu: *cg*, *dh*, *ei*, *fk*. Hreifíngarbraut líkamans verður þá bjúglínan *aghik*, og er rètt að álíta hana eins og hornalínu í þeim aflasamhliða, sem annað aflið er allt af jafnt í, en annað allt af sívaxandi, eins og í dæminu næsta á undan. Bjúglínan *aghik*, og allar aðrar slíkar bjúglínur, heita fleigbogar (*Parabolæ*). Þannig eru brautir byssu- og fallbyssukúlnanna í loptleysu fleigbogar, en í lopti slaungnleiðir (*ballisticae*). Það er því áríðanda fyrir hvern þann, sem vill verða góður skotmaður, að kynna sèr sem bezt þessar brautir. Viti maður stefnu byssunnar, eða fallbyssunnar, og þekki afl púðursins, o. s. frv., þá getur maður komizt að því með reikníngi, bæði hvað lángt byssan flytur, og hvað lengi kúlan er á leiðinni, og hvar hún hæfir markið.

Áður en vèr ljúkum máli voru um kasthreifíngarnar, skulum vèr setja það á oss, að stefnulínur þýngdarinnar, sem þar koma fram, eru ekki með öllu samhliða; því ef vèr gætum lengt allar þessar stefnulínur áfram niður á við, þá mundu þær allar koma saman í miðdepli jarðarinnar. Þetta kemur og saman við það, sem áður er sagt um þýngdina: að hún sè í raun og veru ekki annað, en aðdráttur jarðarinnar, og að miðdepill hennar er eins og miðdepill allrar þýngdar. Það er eins og að þar sè upphaf og endir allrar þýngdar.

b. MIÐDEPILSHREIFÍNGAR.

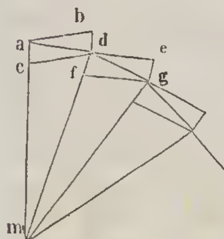
Vèr skulum ímynda oss, að depillinn *c*, sem er í miðri línunni *ab* (í 13. myndinni), sè svo lagaður eða hafi þann eiginlegleika, að hann dragi að sèr líkama þann, sem er í *a*. Hafi nú ekkert annað afl nein áhrif á líkamann, þá er auðsætt, að hann fer með sívaxanda hraða frá *a* til *c*, og að mestur verður hraðinn á honum í *c*. Þegar hann kemur þángað, hleypur hann viðstöðulaust áfram til *b*, en fer þá með símínkanda hraða frá *c* til *b*. Frá *b* fer hann aptur til *c* með sívaxanda hraða og þaðan aptur til *a* með símínkanda hraða, og svo til baka aptur eins og áður er sagt. Þannig heldur nú líkaminn áfram hreifíngu sinni til og frá, svo lengi sem ekkert aðkomanda afl tálmar honum frá því.

13. mynd.



Í 14. myndinni skyldi *m* vera miðdepill sá, sem dregur líkamann í *a* til sín. En nú er annað afl, sem knýr hann eptir stefnunni *ab*. Fyrra aflið skulum vèr kalla *P*, en hið síðar nefnda *Q*. Vèr skulum nú ímynda oss, að aflið *P* hafi kippótt áhrif á líkamann, en ekki síjöfn, eins og það hefir þó í raun og veru í náttúrunni. *P* flytur nú líkamann á fyrsta tímabili hreifíngarinnar til *c*, en *Q* þar á móti til *b*. Vèr sjáum þegar, að hornalínan *ad* í aflasamhliðanum *acdb* er vegur sá, sem líkaminn verður hèr að fara eptir. Eins er nú hægt að finna braut líkamans á næsta tímabilinu, t. a. m. á 2. tímabilinu *dg*, sem er hornalínan í samhliðanum *dfge*, o. s. frv. Þannig verður þá braut líkamans hlykkjótt, þegar aflið *P* hefir kippótt áhrif; það sèst á línunni *adg*, o. s. frv. Sè þar á móti áhrif aflsins *P* síjöfn á líkamann, þá er auðsætt, að braut hans verður bjúg, eða hríngmynduð, því þá er aflið *P* á hverju augnabragði að draga hann nær og nær sèr. En hvernig sem áhrifum aflsins *P* er varið, þá verður þó braut líkamans allt af bogin, annaðhvort hlykkjótt eða síbogin (hríngmynduð). Í þessu, sem nú er sagt um miðdepilshreifíngarnar, eru fólgnar 3 atriðisgreinir, og skulum vèr nú næst athuga þær.

14. mynd.



1. Miðsóknar- (*Centripetal*) afl köllum vèr afl það,

sem jafnt og þètt knýr eða dregur líkama nokkurn að einhverjum vissum miðdepli, eða miðju (t. a. m. eins og ráð var gjört fyrir um aflið *c* í 13. mynd og aflið *m* í 14. mynd). Snertilínuafl (snertiafl; *Tangential-Kraft*) köllum vèr þar á móti það afl, sem knýr líkamann út í loptið burtu frá miðdeplinum (eins og t. a. m. aflið *Q* í 14. mynd). Bæði þessi öfl eru einu nafni kölluð miðdepilsöfl, og hreifíngar þær, sem þau olla, miðdepilshreifíngar. Um miðdepilsöflin er það athuganda, að þar sem miðsóknaraflið er verulegt, starfanda afl, þá er snertiaflið ekki verulegt afl, því það er ekki annað en afleiðíng af aldeyfu líkamanna, þegar hrindíngin, sem fyrst kemur líkamanum af stað, er frá dregin. En hvernig er þá miðflótta-aflinu varið? það er mjög svipað miðsóknaraflinu, en er þó gagnstætt því. það sýnir einkum, með hvað miklu afli að líkaminn firrist miðdepilinn *c*, þegar aðdráttaraflið hættir að tálma ferð hans.

2. Miðdepilshreifíngar fara ætíð eptir boginni stefnu. En stefna þessi verður þó ekki ætíð sjálfri sèr lík, heldur er hún að nokkru leyti komin undir styrkleika og stefnu snertiaflsins, og að nokkru leyti undir styrkleika og lögmáli miðsóknaraflsins. Til þess, að gjöra sèr að minnsta kosti uppruna þessa afls skiljanlegan án mikillar fyrirhafnar, þarf ekki annað, en taka snærisspotta, lángan nokkuð, og festa annan enda hans upp um bita eða sperru, en festa kúlu eða hnöttótta steinvölu í þann endann, sem niður hángir. Lypti maður nú kúlunni, eða hvað það er, upp og til hliðar, þá sækir hún, þegar er henni er sleppt, aptur í hengistefnu frá uppháldi sínu, og hvergi vill nè getur hún annarstaðar verið kyr. það er nú auðsèð, að hèr ræður þýngdin hreifíngu kúlunnar. þegar kúlunni er lypt þannig upp og til hliðar, eins og áður var sagt, þá veifast hún til og frá, þángað til hún kemst á endanum í kyrð. Hreifíng þessi er mjög óbrotin og einföld, og verður síðar margt um hana talað. En sè nú kúlunni hrundið til hliðar í því bili, sem hún byrjar slátt sinn aptur á bak og áfram, þá hreifist hún ýmist í krínglóttum hríng eða aflaungum.*)

*) þessi aflángi hríngur er kallaður sporbaugur (*Ellipse*). Til þess að draga hann upp þarf ekki annað en stínga tveimur nælum í slètta fjöl og hafa bilkorn á milli þeirra. Á milli nælanna er þráðarendi, nokkuð

Væri nú snærið í einu augnabragði skorið í sundur, á meðan kúlan er á fleygiferð, þá yfirgæfi hún jafnskjótt miðdepilshreifíngu sína, og þyti eitthvað út í loptið, eptir lögmáli aldeyfunnar. Aflið, sem gefur snærinu þensluna, er stundum kallað slaungviafl, en er í rauninni ekki annað en miðflóttaafl. það kemur alstaðar fram þar sem hreifíngin verður í kríngum einhvern fastan ás, og þar sem hinum einstöku pörtum er á einhvern hátt tálmað að firrast þenna ás eða möndul.

3. Miðdepilshreifíngarnar eru öldúngis samkvæmar hinni undrunarverðu rás eða hreifíngu himinhnattanna, og hafa hinir frægustu náttúrufræðíngar fyrri og seinni alda sýnt það og sannað (t. a. m. Keppler, Newton, o. m. a.). — Af því, sem hèr hefir verið sagt, munu lesendur vorir að minnsta kosti geta rennt grun í, eptir hvaða lögmáli túnglið rennur í kríngum jörðina, jörðin og allir aðrir hnettir í voru sólkerfi í kríngum sólina, o. s. frv. Vèr munum geta rennt grun í það, hvernig allur hinn óteljandi hnattagrúi, sem skaparans allmáttka orð verði hefir í öndverðu hrundið út í hinn ómælanda geim, allt af getur haldizt í eilífri röð og reglu. En það á ekki hèr við, heldur í stjörnufræðinni, að fjölyrða meira um þetta mikilvæga atriði.

þegar menn vilja gjöra sèr það skiljanlegt, af hverju að jarðarhnötturinn er flatvaxinn undir heimsskautunum, en digrastur um miðjuna, — af hverju að möndull hans er allt af á sama stað í rúminu, og hann var í öndverðu settur á, og þó á sífeldri veltu, — af hverju að meira verður af högginu með lángskeptum hamri, en stuttskeptum, — af hverju að vott hjól á harðri rás þeytir vatninu út frá sèr, — af hverju að slángan kastar steininum svo lángar leiðir, o. s. frv. — til að skilja þetta allt verður maður að flýja til miðflótta-aflsins, og mun það þá reynast aðalrót þessara og margra annara náttúruviðburða.

---

lengri en bilið er, og er sinn endi hans festur um hvort næli. þegar það er búið rispar maður hrínginn fyrir innan þráðinn allt í kríng, og er þá hríngurinn búinn. það heita brennistaðir sporbaugsins, sem nælin standa í, og sá vegur er lengstur yfir sporbauginn, sem liggur um þá báða.

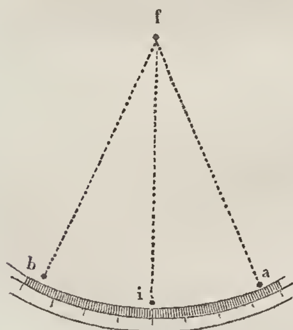
6.
ÓFRJÁLSAR BJÚGHREIFÍNGAR LÍKAMA,
eða
HENGILVEIFÍNG OG TITRÍNGUR (*OSCILLATION*).

Festi maður þráðarspotta, lángan nokkuð, upp um bita eða sperru á öðrum endanum, og hnýti svo blýkúlu í þann endann, sem niður hángir, og færi síðan kúluna til hliðar, þá veifast hún aptur á bak og áfram, þángað til hún stöðvast á endanum beint niður undan upphaldi sínu, eða depli þeim, sem hún hángir á. Hreifíng þessi er mjög mikils varðandi, og það er hún, sem höfð er til þess að mæla með tímann og skipta honum niður í nákvæma parta. Þó er það ekki sú eina nytsemi þessarar hreifíngar. En áður en vèr förum að skoða hana nákvæmar, verðum vèr að setja margt annað á oss.

1. Hengil (*Pendul*) kalla menn það verkfæri, sem er lín- eða málmþráður festur upp á öðrum endanum, en með einhvern þúngan líkama á þeim endanum, sem niður hángir. Hengillinn er aðalatriðið í öllum stundaklukkum, og efumst vèr ekki um, að flestum lesenda vorra hafi því einhverntíma gefizt færi á að sjá hann.

2. Vèr aðgreinum einfaldan eða ímyndaðan (*mathematisk*) hengil frá samsettum eða smíðuðum hengli. Einfaldi hengillinn kemur aldrei annarstaðar fyrir, en í ímyndaninni, þegar menn hugsa sèr hengilþráðinn með öllu þýngdarlausan, og kúluna eins og einn þúngan depil. Samsettir eru þar á móti allir þeir henglar, sem í raun og veru eru til, og þar er ekki einúngis kúlan þúng, heldur er og hver depill í öllum þræðinum þúngur.

15. mynd.



3. Sèrhver hreifíng eða umferð hengilsins er kölluð hengilveifíng, eða hengilsláttur, og geta þeir bæði verið seinir og fljótir eða tíðir.

Vèr skulum nú gjöra oss þetta ljósara með því, að athuga mynd þá, sem hèr er (15). Hengilþráðurinn er hèr festur upp í deplinum *f*. Sè nú hengillinn fluttur í stefnuna *fa*, þá er

það auðsjáanlega þýngdin, sem hreifir kúluna *a* um bogapartinn *ai*. En hèr nemur þó hengillinn ekki staðar, því hraðinn, sem á hann var kominn, knýr hann eptir lögmáli aldeyfunnar um bogapartinn *ib*. Í deplinum *b* er hraði kúlunnar 0, og þýngdin hreifir hana aptur til *i*, en hraðinn til *a*, o. s. frv. Ef öll núníngs- og loptsfyrirstaða yrði nú tekin burtu frá henglinum, þá hlyti hann að vera að veifast til eilífðar, og þá væri hinn svo kallaði síkvikandi (*perpetuum mobile*) til. En af því að þetta verður ekki, þá mínkar og hreifíngin á henglinum, og hann fer allt af um styttri og styttri veg, unz hann að lokunum hættir með öllu og kemst í kyrð.

Vèr skyldum nú láta hengilinn veifast um mislángan veg, og stytta og lengja þráðinn, svo hann sè stundum helmíngur, stundum þriðjúngur, o. s. frv., af allri lengd sinni. þegar vèr á þenna hátt erum búnir að athuga bæði þann mun á fallhraða hengilkúlunnar, sem þessar breytíngar ollu, og muninn á tímalengdinni, sem hún þurfti til þess að fara hina mislaungu boga, eða til hinna mislaungu veifínga, þá finnum vèr þessar atriðisgreinir, sem nú skal segja frá.

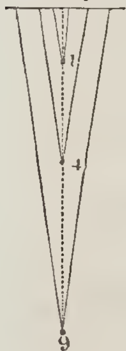
1. Hraði hengilsins fer ætíð eptir fallhæð hans, því meiri sem fallhæðin er, þess meiri er og hraðinn. Á einfalda henglinum sýnir fallhæðin nákvæmlega fallrúmið (veginn).

2. þegar hengillengdin er hin sama, sýnist veifíngin ætíð þurfa jafnlángan tíma, hvort sem hún er meiri eða minni (skjót eða sein). þessu er og að mestu þannig varið, og er hægt að sjá af hverju það kemur. því skemmra, sem hengillinn er fluttur til hliðar frá kyrðarlegu sinni (hengilstefnu), þess hægra hreifist hann, en þess hraðara, sem honum er í fyrstunni vikið lengra til hliðar (sbr. lögmálið fyrir frjálsu falli líkama).

3. því styttri sem hengillinn er, því tíðari eru veifíngar hans, en því hægari, sem hann er lengri. þetta er og áríðanda mjög, því væri hengillengdinni jafnað saman við hengilveifíngarnar, þá kemur það fram: að veifíngatímarnir eru hver í samanburði við annan eins og fertöluræt ur hengillengdanna eru sín á milli, eða: að hengillengdirnar eru sín á milli í sömu hlutföllum

og fertölur veifínganna eru í hver við aðra.*). Hafi maður tvo hengla, annan ferfalt lengri en hinn, þá fer sá lengri eina umferð (hreifist einu sinni) á meðan sá styttri fer tvær. Til þess að sjá þetta, er bezt að hengja kúluna upp á tvöföldum þræði, þannig, að kúlan verði á miðjum þræðinum, og þráðurinn festur upp á báðum endum, eins og 16. myndin sýnir. Tölurnar 1, 4, 9 sýna hlutföllin milli hengillengdanna, því í myndinni eru henglarnir 3.

16. mynd.



Ef maður hefði marga hengla og alla jafnlánga, en á sumum væru kúlur úr vaxi, sumum úr trè, sumum úr blýi o. s. frv., þá reynist það, að veifíngatímar henglanna fara ekki eptir þýngd nè efnisríki kúlnanna.

Það sem nú hefir verið sagt um hengilinn á einúngis við um einfaldan hengil, og þess vegna ekki svo mikið um þann hengil, sem í væri þýngdarlaus þráður með tveimur þúngum deplum í: *m* og *n*, eins og í 17. mynd er látið vera. Depillinn *m* reynir þar auðsjáanlega til að veifast tíðar en *n*, af því hann er nær upphaldinu. Depillinn *m* herðir þess vegna á *n*, en *n* seinkar deplinum *m*. Þess vegna verður nú hengillinn að veifast með þeim hraða, sem liggur á milli hraðans sem *m* og *n* mundu hafa, ef hvor þeirra fyrir sig fengi að ráða. Þetta kemur í raun og veru fram við hvern hengil sem er. Í hverjum samsettum hengli er því auðsjáanlega til sá depill, sem enginn annar depill í efni hans knýr nè tefur, og er hann kallaður veifíngadepill (*centrum oscillationis* — veifíngamiðja). En með því að það er mjög svo örðugt að finna hann, og varla annara meðfæri en alvanra manna, mælíngafróðra, þá þykir

17. mynd.



*) Lögmálið fyrir jöfnuði hengilveifínganna var eitt af því fyrsta, sem Galílei uppgötvaði. Sagan segir, að þegar hann var úngur hafi hann af tilviljun farið að athuga veifíngar lampa eins, sem hèkk í hvelfíngu nokkurri í dómkirkjunni i Pisa. Undraðist hann þá mjög yfir jöfnuði og reglu þeirri, sem hann sá í veifíngum lampans. Hann fýsti mjög að gjöra sèr þenna viðburð skiljanlegan, og var þángað til að, að hann fann hið áminnzta lögmál.

oss ekki vert að fara hèr að segja lesendum vorum neina aðferð til þess.

það verður síðar í bókinni talað um þenslu eða vöxt líkamanna við hita, og samdrátt þeirra við kulda, sem vèr höfum áður drepið á með fám orðum. En hèr ber þess að geta, að þessi áhrif hita og kulda á líkamina olla því, að hengilveifíngarnar verða mis-tíðar, nema svo sè um búið, að þessara áhrifa geti ekki gætt, eða notið, á henglinum. þetta hafa menn sèð fyrir laungu, og reynt til með ymsum hætti að ráða bót á því. Fyrst var reynt að verja hengilinn fyrir öllum áhrifum hita og kulda, með því, að hafa þráðinn (staungina) úr gagnþurru trè, sem soðið hafði verið í olíu. En bráðum reyndist þetta ekki nóg, og þá var farið að búa til j ö f n u n a r h e n g l a n a (*Compensations-Pendul*), sem eru byggðir á ólíkri þenslu ymsra málma. Vèr ætlum nú að lýsa tilbúníngi þeirra í fám orðum.

Vèr skulum t. a. m. ímynda oss hengil í stundaklukku, sem veifaðist e i n u s i n n i á s e k ú n d u, svo að vísirinn færðist 60 sekúndur á 60 hengilveifíngum. þegar að hengillengdin breyttist, er það auðráðið, að veifíngin gæti þá ekki lengur verið áreiðanlegur sekúndumælir, og þessi breytíng yrði þó að verða samfara breytíngunum á loptshitanum. Með nákvæmri athugan hefir það reynzt, að þessi munur getur á dag orðið um 30 veifíngar, eða hálfa mínútu, svo hann er í raun og veru ekki til neins tjóns fyrir allan þorra manna, en fyrir ymsar vísindagreinir, og einkum stjörnufræðina, er hann mjög saknæmur. það er því lángt síðan farið var að reyna að gjöra við mun þessum. Englendíngurinn *Graham*, sem var uppi á fyrri hluta 18. aldar, bjó til hengil úr benviði (*ebenus; Ibenholt*), furu og greni eða hnotviði, og sagði að á hann hefði ekki hiti nè kuldi nein áhrif. En raki og væta komu í þess stað, og ollu eins miklu tjóni og villu í hengilgaungunni. Menn tóku þá hengil þenna, suðu hann í olíu og þurkuðu hann síðan vandlega í ofni. þar næst smurðu þeir hann utan, svo að vætan gæti ekki gengið í trèð. Ekki að síður er þó j ö f n u n a r h e n g i l l i n n (ristarhengillinn — *Ristpendul*), sem Graham er og höfundur að, bæði miklu vissari og meira tíðkaður. Hann er þannig búinn til, að það eru fyrst teknar stengur úr ymsum málmum, t. a. m. járni og látúni, og festar saman á þann hátt, að járnstengurnar þenjast (togna) upp á við, þegar hinar þenjast niður, svo að þær vinna hvor annarar þenslu upp. — 1726 bjó *Harrison*

til jöfnunarhengil úr 9 sívölum málmstaungum: 5 stálstaungum og 4 eirstaungum. Slíkir henglar eru enn tíðkaðir í flestum þeim stundaklukkum, sem stjörnufræðíngarnir hafa við athuganir sínar, og munar þeim varla um eina sekúndu á mánuði, svo eru þær vissar. 18. myndin sýnir oss nú einn af jöfnunarhenglum þessum. Hann er með 5 staungum í: 3 stálstaungum, *ab*, *cd* og

18. mynd. *pq*, og 2 sinkstaungum, *ny* og *xm*. Stálstaungin *pq* er fest í þverstaungina *nx*, og á þessari staung er hengilkúlan eða hengilkrínglan. Þegar vèr vitum nú, að sinkstengurnar þenjast út með tvöföldu afli við stálstengurnar, þá sjáum vèr og, að krínglan *q* lyptist eins mikið upp og hún þrýstist niður, þegar stengurnar eru í þeim hlutföllum hvor við aðra, sem vera ber. Það er með öðrum orðum: veifíngardepillinn er allt af jafnlángt frá upphaldinu hvernig sem loptshitinn er.



Af þessu leiðir:

1. Að þegar hengillinn er í kyrð, þá sýnir hann nákvæmlega stefnu þýngdarinnar. En stefna þessi er ætíð þverbein (hengilstefna), þó getur nálægð mjög hárra fjalla truflað hana dálítið.

2. Hengillinn sannar og þá ætlun, að þýngdin sè minni um miðjan jarðarhnöttinn en út við heimsskautin, og að hún sè því minni, sem lengra dregur burtu fra jörðinni. Til þess að gjöra sèr grein fyrir því, hvernig á þessu stendur, þarf ekki annað en athuga það, að hengilveifíngarnar eru starf þýngdarinnar og að tíðleiki þeirra fer eptir þýngdaraflinu. En nú veifast hengillinn seinna uppi á háum fjöllum og um miðjarðarlínuna, en á láglendinu og út við heimsskautin. Sá hengill, sem á Íslandi veifast einu sinni á sekúndu, verður þess vegna að vera lengri en sekúnduhengillinn er í Danmörku.*) Einfaldur sekúnduhengill er í Kaupmannahöfn 38 þumlúngar danskir, eða $3\frac{1}{6}$ fets.

*) Þegar hinn frakkneski náttúrufræðíngur Richer árið 1672 setti upp stundaklukkuna sína í Cayenne, sem er fimm mílur fyrir norðan miðjarðarlínu, reyndist, að hún gekk $3\frac{1}{2}$ minútu of seint á hverjum 24 stundum. Til þess að laga þetta varð hann að stytta hengilinn um $\frac{5}{4}$ línu, og þegar hann var kominn aptur til Parísarborgar varð hann að

Bouguer og *Condamine* hafa meðal annara athugað hraða hengilveifínganna á ymsri hæð. Kom það þá fram, að sá hengill, sem á 24 stjörnustundum veifaðist 98,770 sinnum á bökkum Skjaldmeyjafljótsins, veifaðist í *Quito* (8,796 parísarfeta hátt yfir sjáfarfl.) 98,740 sinnum, á fjallinu *Pechincha* (14,604 parísarfet yfir sjáfarfl.) 98,720 sinnum, á jafnlaungum tíma. Sekúnduhengillinn var í *Quito* 438,82 parísarlínur, og á *Pechincha* 438,69 parísarlínur á lengd. *Biot* fann lengd sekúnduhengilsins í Parísarborg (48° 50′ n. br.), og var hún 440,6 parísarlínur. *Mayer* fann lengd hans í *Cola* (68° 57′ n. br.) = 441,31 parísarl. *Sabine* fann lengd sekúnduhengilsins á Melvillesey (74° 57′ n. br.) = 441,956 parísarl.

Af því að menn hafa híngað til ekki getað komizt eptir neinni breytíngu á styrkleika nè stefnu þýngdaraflsins, og af því menn geta hvervetna nákvæmlega ákveðið lengd sekúnduhengilsins, þá stakk og stjörnufræðíngur Dana, Óli Römer, upp á því, að miða vigt og mæli við hann. Með tilskipunum, dagsettum 1. dag maím. 1683 og 10. dag janúarm. 1698 var mælirinn þannig á kveðinn, að danskt fet skyldi vera $\frac{12}{38}$ af lengd þess hengils, sem á 45° norðl. br. veifast einusinni á sekúndu við sjáfarmál, eða að slíkur hengill skyldi vera 38 tólfskiptir þumlúngar að lengd. Um vigtina höfum vèr áður farið nokkrum orðum.

Eptir þessari ákvörðun er því danska fetinu skipt í 144 línur, sem er jafnt 139,085 parísarlínum, þegar mælirar þessir eru bornir saman í 13 stiga hita á parísarfaðmi þeim, sem hafður var við rastamælínguna í *Perú*, og sem er undirstöðumælir Frakka og flestra annara þjóða. En af því, að rínlenzka eða prússneska fetið er eptir hengilathugunum *Bessels*, sem eru þær beztu, er menn hafa, 139,13 parísarlínur, og er því hèrumbil $\frac{1}{3000}$ stærri (lengri), en danska fetið upphaflega átti að vera, þá hefir nú danska stjórnin, eptir uppástúngu konferenzráðs *Schumachers*, tekið hina síðar nefndu lengd fetsins upp, svo danska fetið er jafnt því rínlenzka, eða 139,13 parísarlínur.

3. Hengillinn sýnir enn fremur nákvæmlega, hvað lángan veg tálmunarlaus líkami dettur á fyrstu sekúndu fallsins. Athuganir náttúrufræðínganna eru búnar að

lengja hann um þessa $\frac{2}{4}$ línu, því annars gekk stundaklukkan þar 148 sekúndum of fljótt á dag. Newton hafði því með rèttu neitað þeirri ætlun Galíleis, að hengillinn veifaðist allstaðar jafntítt á jörðinni.

sýna það, að til þess að vita fallhæðina á fyrstu sekúndunni þarf ekki annað, en margfalda lengd sekúnduhengilsins, hver sem hún er, með 4,9318 .... Lengd einfalda hengilsins og fallhæðarinnar eru á hverjum stað óbreytanlegar stærðir, og þá er auðvitað, að hlutföllin milli þeirra breytast heldur aldrei.

4. Hengillinn er hið ágætasta tól til þess að jafna með gaungu stundaklukknanna. Engin nytsemi hengilsins er eins alkunn og þessi, nè eins algeng, þó hún sè, ef til vill, ekki sú mesta nytsemi hans. *Huyghens* eða *Hugenius* hèt sá maður, sem fyrst kom sú heppilega ímyndun í hug, að setja hengilinn í samband við stundaklukku. Það var um miðja 17. öld, sem hann reyndi það. Áður voru til sólspjöld og stundaglös með sandi eða vatni í, og við það höfðu menn notazt, þó þau tól væri ekki sem fullkomnust. Vèr þurfum ekki annað en geta þeirrar stundaklukku, sem er í stjörnuturninum í *Altona*, til þess að gjöra oss hugmynd um nákvæmni og áreiðanlegleika stundaklukkna þeirra, sem henglar eru í. Þessi stundaklukka gengur svo visst, að henni skeikar einúngis um eina sekúndu á dag.

Einsamall er hengillinn ekki nógur til að marka á tímann, því bæði eru það lopts- og núníngsfyrirstaðan, sem allt af smádraga úr hreifíngu hans, unz þær eyða henni með öllu, svo hengillinn kemst í kyrð. Menn hafa því hengilinn í sambandi við fleiri eða færri hjól, sem bæta upp veifíngaafl hans. Þessi hjólasmíð er hvergi eins ljós og í stundaklukkunum, og af því, að þær eru svo víða til, þá ráðum vèr lesendum vorum til að skoða þær sjálfar, ef þeir eiga kost á því. Hèr er ekki rúm til þess að lýsa þeim, enda er það enginn hægðarleikur.

Værum vèr ekki hræddir um, að það þætti áformi þessarar bókar óviðkomandi, þá skyldum vèr minnast á not þau, sem menn hafa af henglinum í saunglistinni, þar sem hann er hafður fyrir dvalarmæli (taktmæli — *Taktmaaler*). En vèr sleppum því, og biðjum lesendurna að virða oss það til vorkunnar, en leita sèr þar hjá slíkrar þekkíngar á eðli og nytsemi hengilsins, sem þeir eiga kost á.

7.

HRINDÍNG (*PERCUSSIO*).

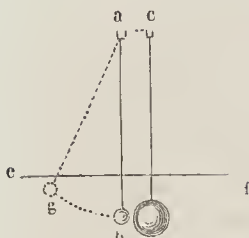
Vèr skulum nú taka einhvern líkama, t. a. m. stein, og leggja hann á slètta fjöl eða borð. Bezt er að hafa til þessa einhverskonar kúlur. Ef vèr sláum nú á hliðina á einhverri kúlunni, þar sem hún liggur kyr á borðinu, þá hrökkur hún þegar undan högginu. — Ef kúlurnar eru nú látnar hreifast á þann hátt, að þær renni hver á móti annari og rekist á, þá taka þær einhverja aðra stefnu, en þær höfðu áður. — Vèr skulum nú taka það upp í nokkrar atriðisgreinir, sem fólgið er í þessum tilraunum.

1. Hrindíngu (högg) köllum vèr það, þegar tveim líkömum lendir saman á þann hátt, að annarhvor þeirra verður að fara úr stað, til þess, að hinn geti haldið hreifíngu sinni lengra áfram.

2. Afleiðíngar höggs eða hrindíngar verða með ymsum hætti, og fara þær ekki síður eptir hreifíngarstefnu hins aðkomanda (hrindanda) líkama, en efnisríki, mynd, fjaðurmagni, hraða, samloðunarafli o. s. frv. En af því vèr verðum að láta oss nægja með útskýríngu hinna helztu atriða í þessari bók, og verðum að fara sem fæstum orðum um hvað eina, þá ætlum vèr ekki að tala um hrindínguna að öðru leyti en því, sem við kemur stefnu, efnisríki og stælíngu eða fjaðurmagni.

3. Hrindíngin er annaðhvort miðdepilshrindíng, eða utanmiðjuhrindíng, bein eða skáhöll. Miðdepilshrindíng er það, þegar líkamirnir ekki einúngis hreifast, heldur og hrinda eptir stefnu þeirri, sem menn gæti ímyndað sèr dregna í gegnum þúngamiðjur þeirra (t. a. m. í gegnum miðdepla tveggja kúlna, sem rekast á.) — Bein er hrindíngin, þegar þeir fletir líkamanna, sem rekast á, koma þverbeint á stefnulínu hreifíngarinnar. — Lesendunum er nú ætlað að geta sèð, hvaða hrindíngar það eru, sem eru kallaðar utanmiðjuhrindíngar og skáhrindíngar.

4. Hrindíngartól eru öll þau áhöld kölluð, sem höfð eru til þess, að gjöra lögmálið fyrir árekstri líkamanna skiljanlegt með. Til þessa þarf að minnsta kosti tvo hengla (fleiri mega þeir vera ef vill), og einn hraðamæli.



19. mynd.

Í 19. myndinni eru *ab* og *cd* henglarnir; þeir eru báðir jafnlángir og hánga þannig, að *b* og *d* (hengilkúlurnar) snerta að eins hvor aðra. Hraðamælirinn er annaðhvort bein staung *ef*, eða tveir bogar, sem liggja frá *a* og *c*. Ef henglinum *ab* er nú lypt til *g* t. a. m., þá segja tölurnar á mælinum til þess, hvað mikill hraði hans verður, þegar kúlan *b* slæst við kúluna *d*. Með þessu einfalda tóli má nú athuga hrindínguna á ymsa vegu, og ætlumst vèr því til, að lesendur vorir búi sèr það til, og hafi það við hendina, svo þeir geti athugað hrindínguna með því.

A. BEIN HRINDÍNG.

a. Bein hrindíng óstæltra líkama.

Vèr höfum áður minnzt á það, að öll líkindi þætti til, að enginn líkami sè fjaðurmagnslaus með öllu, þó það sýnist svo. Þar sem vèr því tölum um óstælta líkami, tökum vèr orðið óstæltur í sama skilníngi og það er haft í hversdagslegu máli, um þá líkami, sem ekki sýnast vera stæltir (fjaðurmagnaðir).

Ef tveir óstæltir líkamir kæmi hvor á móti öðrum með jöfnum hraða, eða jöfnu afli, þá er auðráðið, að á sama augnabragðinu og þeir rekast á, hætta þeir báðir hreifíngunni, og komast í kyrð, því öflin eru jöfn og kyrsetja hvort annað. En öðruvísi fer ef hraði líkamanna, sem rekast á, er mismikill. Þeir hreifast þá báðir eptir áreksturinn í þá átt, sem hið meira aflið hafði. Eins fer og, ef munur er á efnisríki líkamanna, sem rekast á, að þeir fara báðir eptir hreifíngarstefnu hins efnisríkara. Ef líkaminn *a* hefir hraðann 2, en efnisríkið 1, og líkaminn *b* hraðann 1, en efnisríkið 2, þegar þeir rekast á, þá kyrrsetja þeir hvor annan.

Komi tveir óstæltir líkamir beint hvor á móti öðrum, þá kyrrsetja þeir hvor annan í því augnabragði, sem þeim lendir saman á, þegar efnisríki þeirra er í öfugum hlutföllum við hraðana, eða: þegar hraði hins minna líkama er eins mörgum sinnum meiri en hins stærra líkamans, eins og efnisríki hans er mörgum sinnum minna en hins stærra. Vèr skulum t. a. m. ímynda oss 4 kúlur: *a*, *b*, *c* og *d*. *a* skal vera 16 pund, *b* 8 pund, *c* 4 pund og

d 2 pund. Á 1. sek. skal kúlan *a* fara 1 fet, *b* 2 fet, *c* 4 fet og *d* 8 fet. Verkanirnar (*Product*) eru þá: 16 sinnum 1, 8 sinnum 2, 4 sinnum 4 og 2 sinnum 8, og sýna þær að hreifíngarmegin kúlnanna er jafnt (=16).

þegar vèr gætum að því, að ekkert nýtt afl tekur til starfa við það, er tveir óstæltir líkamir rekast á, og að sá líkaminn, sem hrindir, hreifist annaðhvort á eptir eða á móti hinum, þá finnum vèr enn eitt atriði í lögmálinu fyrir beinni hrindíngu óstæltra líkama, og skulum vèr nú skýra það fyrir oss með dæmum.

Kúlurnar *a* og *b* skyldu hreifast hvor á eptir annari í sömu átt báðar. Kúlan *a* fer á undan, en *b* á eptir. *a* skyldi vera 7 punda þúng og fara 2 fet á hverri sekúndu. *b* þar á móti skyldi vera 3 punda þúng og fara 12 fet á sekúndunni. Hreifíngarmegnið er hèr því áður en kúlurnar rekast á = 7 sinnum 2 = 14 og 3 sinnum 12 = 36. Hjá báðum kúlunum saman er það 14 + 36 = 50. En hvernig verður það nú eptir að minni kúlan *b* er búin að ná og rekast á stærri kúluna *a*? — Vegna þess að efnisríki kúlnanna *a* og *b* er í sömu hlutföllum sín á milli og 7 og 3, þá verður *b* að missa 7 fet af sínum hraða á meðan *a* vinnur 3 fet, og hvor kúlan fyrir sig rennur á eptir annari með hraða þeim, sem vèr getum eptir þessu táknað með 5. Hreifíngarmegn kúlunnar *a* er því = 7 sinnum 5 = 35, og kúlunnar *b* = 3 sinnum 5 = 15 eptir áreksturinn. Samtala hreifíngarmegns beggja kúlnanna eptir áreksturinn er þess vegna = 35 + 15 = 50. Af þessu sèst nú:

Að samtala hreifínganna er jöfn fyrir og eptir áreksturinn, þegar líkamirnir hreifast hvor beint á eptir öðrum.

En hvernig verður hreifíngin eptir áreksturinn, ef kúlurnar *a* og *b* koma hvor á móti annari (mætast)? — það er auðráðið, að kúlan, sem minni hraðinu er á, eða kúlan *a*, kemst ekki lengra áfram, en þángað til hún mætir kúlunni *b*, og að *a* verður að hrökkva undan og fara aptur til baka. Til þess að vita nú hvernig hraða beggja kúlnanna er varið eptir áreksturinn, þegar svona stendur á, verðum vèr fyrst að gæta að, hvað mikið afl þarf til að stöðva kúluna *b*, og þar næst skipta afgángi hraðans á kúlunni *b* jafnt niður á báðar kúlurnar, svo þær hreifist síðan með jöfnum hraða báðar. þá kemur það fram:

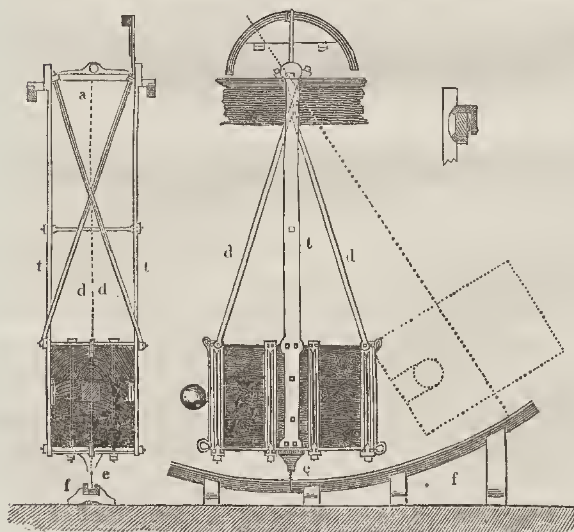
Að munur beggja hreifíngarmegna fyrir árekst-

urinn er jafn samtölu hreifíngarmegnanna eptir áreksturinn, þegar hinir óstæltu líkamir koma beint hvor á móti öðrum.

Það er nú auðráðið af því, sem hèr hefir verið sagt, að byssukúla, sem skotið er t. a. m. í klett, verður að koma hreifíngu á klettinn. En hraðinn verður hèr mjög lítill. Vèr skulum gjöra ráð fyrir að kletturinn væri 500 punda þúngur, en kúlan $\frac{1}{20}$ úr pundi. Hún skyldi koma að klettinum með 1000 feta hraða á sekúndunni. Samtala hreifínganna eptir áreksturinn yrði þá rúmur þumlúngur á sekúndunni. En þessarar litlu hreifíngar verðum vèr þó varla varir; hvernig stendur á því? — af því, að hreifíngin fer úr klettinum út í hnöttinn, og hverfur þannig fyrir athugan vorri, nema eins og skjálfti á klettinum. Til þess að einhver hreifíng ónýtist með öllu þarf aðra gagnstæða hreifíngu. Föst eða kyr fyrirstaða getur aldrei meira en dreift hreifíngunni og tvístrað henni, en slík fyrirstaða getur aldrei endað neina hreifíngu á einu augnabragði.

Að endíngu skulum vèr athuga hinn svo kallaða slaungvihengil (*ballistisk Pendul*), því hann sýnir hvernig fá má nákvæma þekkíngu á miklum hraða. Helztu partar tóls þessa eru: 1. járnásinn *a* (20 mynd); 2. tvær beinar (*t*) og fjórar skáhallar (*dd*) stengur; 3. þúngur trèkubbur, járnbentur, sem háugir á 6 staungum á járnásnum; — 4. broddurinn *e*, sem gengur eptir bjúgraufinni *f*, og markar ferð sína í mjúku vaxi, eða einhverju slíku, sem drepið er í raufina; 5. kúla ein,

20. mynd.



sem kemur hreifíngu á þýngslatól þetta. Slaungvihengillinn er optast nær 10 eða 12 feta lángur, og frá 15 til 20 hundraða punda þúngur. Ef kúlan rækist á hann í beinni stefnu við þúngamiðju hans, þá þarf ekki annað en jafna saman afli því, sem hreifði hengilinn, og lengd broddrispunnar í raufinni *f* til þess, að sjá hraðann á því augnabragði, sem kúlan rakst á trèbútinn.

b. Bein hrindíng stæltra líkama.

Við athuganir þær, sem hèr skal gjöra, er ágætt að hafa hrindíngartólið (*Perkussions-Instrument*) sèr til stuðníngs og skilníngsauka. Á hrindíngartólinu eru hafðar tvær öldúngis jafnstórar fílabeinskúlur, og á bak við þær er hraðamælir. Það er þá fyrst, að önnur kúlan er flutt út að 20. stiginu á mælinum, og þaðan látin detta á hina, og í því augnabragði, sem þær slást saman, stöðvast hún í hengilstefnu sinni, en hin kúlan, sem áður var í kyrð, flýgur eða hrökkur í gagnstæða átt og kemst nærri því út að 20. stigi mælisins hinumegin. Það má nú ýmist láta kúlurnar rekast á frá jafnri hæð báðar, eða ójafnri; fáum vèr þá allt af nýtt og nýtt athugunarefni við hraða þeirra og hreifíngu. Þó verða þessar tilraunir enn skemtilegri og efnismeiri, þegar kúlurnar eru fleiri en 2, t. a. m. 3, 4 eða 5. Kúlurnar skyldu vera 5 og hánga svo, að þær að eins snerti hver aðra. Maður skyldi nú lypta annarihvorri yztu kúlunni til hliðar, og láta hana svo detta á þá sem næst henni er; verður þá miðkúlan kyr eptir höggið, en yzta kúlan hinumegin hrökkur áfram með sama hraða og var á þeirri, sem hratt. Ef tveimur yztu kúlunum er lypt frá, og svo báðar í einu látnar detta á þær, sem eptir eru, þá hrökkva tvær yztu kúlurnar hinumegin í röðinni áfram.

Til þess að skilja í öllum þessum viðburðum skulum vèr fyrst og fremst gæta að þeim áhrifum, sem tvær óstæltar kúlur hafa hvor á aðra í því augnabragði, sem þær rekast á, eða þeim slær saman. Þær þrýsta hvor annari saman; miðdeplar þeirra nálgast hvor annan sem mest, og hraðar þeirra verða öldúngis jafnmiklir. Þetta er eins við árekstur (samslátt) hinna stæltu kúlna, en það er ekki allt þar með búið. Fjaðurmagnið knýr stæltu kúluna til þess, að fylla rúm sitt á sama augnabragði aptur, eða ná aptur mynd sinni, undir eins og

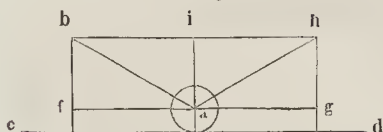
höggið er hætt; þess vegna þenst hún og sundur nærri því í sama augnabragðinu og árekstarinn þrýstir henni saman. Hèr koma þá öll hin fyr töldu 3 atriði fyrir í öfugri röð. Vèr skulum nú gæta að hinum áður umtöluðu tilraunum. Ef ein kúla rekst með 4 feta hraða á aðra kúlu, sem er fyrir í kyrð, þá verða þau hin fyrstu áhrif höggsins, eða hrindíngarinnar, að báðar kúlurnar fá 2 feta hraða. Hin næstu áhrif höggsins verða þau, að kúlan, sem hrindir, kemur 2 feta hraðanum sínum á hina kúluna, sem fyrir hrindíngunni varð, svo þá er hún búin að fá 4 feta hraða. — Kúlan *a* skyldi nú hafa 6 feta, en kúlan *b* 8 feta hraða. Þegar þær slást saman (rekast á) þá fær kúlan *a* 1 fets meiri hraða, en kúlan *b* eins fets minni, ef miðað er við stælíngu þeirra. Með tilliti til þessa, verður ávinníngur hraðans á kúlunni *a* og missir hans á kúlunni *b* að aukast um eitt fet enn. Allar kúlur, sem eru öldúngis jafn-stórar, skiptast þannig á um hraðana sín á milli. Hángi nú 4, 5 eða 6 kúlur á hrindíngartólinu, og þeirri yztu í öðrum enda raðarinnar er lypt upp, og svo látin detta á þá næstu, þá flytur sú kúla hrindínguna (höggið) til næstu kúlu og svo hvor af annari, unz hin yzta hinumegin í röðinni tekur við henni. Hún hrökkur þá áfram, því hún getur ekki flutt hrindínguna til neinnar annarar kúlu.

Af því, sem nú hefir verið sagt um beinar hrindíngar líkama, verðum vèr að ætla lesendum vorum að geta ráðið í hina margbreyttu viðburði, sem af þeim eru sprottnir, og sleppum vèr því öllu því, sem um þá mætti tala.

B. SKÁHRINDÍNG.

Vèr skulum nú byrja athuganir vorar um þessa tegund hrindíngarinnar með því, að yfirvega mynd þá, sem hèr er. Hríngurinn *a* táknar fjaðurmagnaða kúlu, *c d* er dálítil brún eða bryggja, sem vera skyldi utan um flötinn, sem kúlan liggur á, og hún skyldi einnig vera fjaðurmögnuð. Strikið *b a* skyldi vera mælir hrindíngaraflsins, og skulum vèr nú ímynda oss því skipt í tvö öfl: *f a*, sem er samhliða brúninni *c d*, og *i a*, sem stefnir þverbeint á hana. Það er auð-

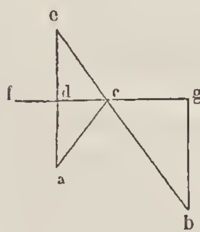
21. mynd.



sèð, að kúlan getur nú enga aðra leið farið undan hrindíngunni, en eptir stefnunni *ah*. Hefði kúlan *a* komið að hinni fjaðurmögnuðu brún *cd* eptir stefnunni *ia*, þá hefði hún orðið að fara sama veg tilbaka eptir áreksturinn, eins og við hverja aðra beina hrindíngu. Hefði hún þar á móti komið eptir stefnunni *fa*, sem er samhliða brúninni *cd*, þá hefði hún einnig haldið þeirri stefnu áfram, svo lengi sem engin tálman hefði orðið fyrir henni. Af þessu er það þá auðsèð, að kúlan getur ekki annað farið eptir áreksturinn á brúnina *cd*, en eptir stefnunni *ah*. Vèr skulum enn fremur jafna saman hornunum *bai* og *hai*, og sjáum vèr þá, að þau eru jafnstór. Strikið *ba* er aðkastsstefna kúlunnar, en *ah* er frákasts-stefna hennar.

Dæmi. Vèr skyldum eiga að hæfa depilinn *b* á veggnum *gb*, með kúlu, sem hrinda ætti frá *a* til veggjarins *fg* (22. mynd). Til þess að geta það, þurfum vèr fyrst að vita hvar hæfa skal vegginn *fg* til þess, að kúlan hrökkvi aptur frá honum til depilsins *b* á hinum veggnum. Þá þarf: 1. að lengja strikið *ad* þannig, að *ad* sè jafnlángt *de*, og 2. að draga beint strik milli deplanna *e* og *b*. Depillinn, sem að var leitað, er þá *c*, og ef vèr rennum nú kúlunni frá *a* eptir stefnunni (aðkastsstefnunni) *ac*, þá fer hún burtu þaðan eptir strikinu (frákastsstefnunni) *cb*, og lendir á þann hátt í deplinum *b*.

22. mynd.



Hvergi er eins hægt að athuga eðli hrindíngarinnar, bæði beinnar hrindíngar og allskonar skáhrindíngar, eins og á knattborðinu (*Billard*). Þegar leikið er, eru þar aldrei færri kúlur en tvær í einu, og opt fleiri. En þar fyrir utan má og nærri því hvervetna alla sèr þekkíngar á eðli hrindíngarinnar.

8.

ÞÚNGAMIDJA (*CENTRUM GRAVITATIS*).

1. Í sèrhverjum föstum líkama er sá depill til, sem nóg er að hvíli á undirstöðu til þess að líkaminn sè allur í jafnvægi. Þessi depill er eins og miðdepill í öllum þúnga líkamans, og er hann því kallaður þúngamiðja hans.

2. Það má ekki slengja þúngamiðju og miðdepli

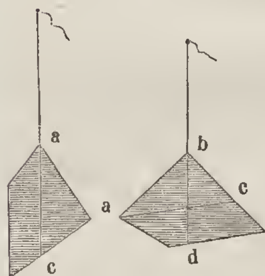
líkamanna saman. Vèr skulum ímynda oss krínglótta fjöl, alla jafn-þykka og alla úr sama efni, og þá verður þúngamiðja hennar í miðdeplinum. En væri nú blýstykki rennt einhverstaðar í röndina á þessari kríglu, þá yrði þúngamiðja hennar á milli þess og miðdepilsins.

3. Þúngamiðjan er ekki ætíð í líkamanum sjálfum, heldur er hún stundum fyrir utan hann. Þannig er t. a. m. háttað öllum krínglóttum sveigum eða hríngum: þúngamiðja þeirra er innan í þeim, og það þarf ætíð nokkurn undirbúníng til að finna hana og koma henni á undirstöðu.

4. Sè efnisríkið allstaðar jafnmikið í líkamanum, má finna þúngamiðju hans með reikníngi, þegar líkamanum er svo háttað, að stærð hans verður ákveðin með tölum. Í kúlunni er t. a. m. þúngamiðjan í miðdeplinum; í sívalníngi og beinum strendíngi í miðjum ásnum; í keilunni (*Kegle*) í ásnum, $\frac{3}{4}$ frá toppnum en $\frac{1}{4}$ frá botninum. Vèr skulum og minnast á hægustu aðferðina til að finna þúngamiðju á óreglulega mynduðum líkama.

Líkaminn er þá hengdur upp á þræði, sem festur er í einhvern depil á yfirborði hans, t. a. m. í depilinn *a* (í 23. mynd). Síðan er hengilstefna þessi dregin áfram í gegnum líkamann til *c*. Þúngamiðjan er nú einhverstaðar í strikinu *ac*. Þessu næst er líkaminn hengdur upp á þræði, sem er festur í einhvern annan depil á honum, t. a. m. í *b* (í 24. mynd). Þessi hengilstefna er og dregin áfram í gegnum líkamann til *d*. Þúngamiðja líkamans er nú einhverstaðar í þessu striki *ad*, og af því hún var einnig í strikinu *ac*, þá getur hún hvergi annarstaðar verið, en í skurðarpúnkti þeirra. En það er opt og einatt örðugt, eða með öllu ekki unnt, að lengja eða draga hengilstefnurnar í gegnum líkamann, öðruvísi en í huga sínum.

23. og 24. mynd.



5. Sè mynd líkamans breytanleg, eins og t. a. m. hjá mönnum og dýrum, þá er þúngamiðjan ekki heldur ætíð á sama stað í þeim. Þegar maður stendur upprèttur,

og lætur hendurnar hánga niður með sèr, þá er þúngamiðja hans hèrumbil mitt á millí lærhnútanna, og í línu þeirri, sem þaðan væri dregin beint niður að jörðu. Standi maður þar á móti boginn, þá færist þúngamiðjan eptir því til ymsra hliða.

6. Það er örðugra að koma jafnvægi á stutta og lètta líkami, en á lánga og þúnga: þá stuttu af því, að þegar þeir fara að hallast úr jafnvægi, þá myndar þúngamiðja þeirra svo stuttan hríngshelmíng, að þeir eru dottnir um koll allt í einu og áður en mann varði; — þá lèttu af því, að þar ber svo lítið á þúngamiðjunni.

7. Að lokum er að minnast á það, að undirstaða líkamanna má vera fyrir utan eða í kríng um þúngamiðju þeirra, t. a. m. eins og er á stólum, borðum o. s. frv., sem tveir eða fleiri fætur eru undir. Einúngis er það þá aðgætanda, að þúngamiðjan verði jafnan fyrir innan, eða á milli slíkra undirstaðna.

Áður en vèr hættum að tala um þúngamiðju líkamanna, ætlum vèr að benda á nokkur dæmi, sem skýrt geti hugmyndir lesenda vorra um hana.

Ef maður situr á stóli og hallar sèr upp að bakfjölinni, þá verður maður að beygja efra part líkamans áfram, til þess að geta staðið upp. Það er með öðrum orðum: maðurinn verður að færa þúngamiðju sína svo lángt áfram, að hún verði beint upp undan fótum hans. — Eins er og að sínu leyti um þann mann, sem stendur öldúngis upprèttur og hallast ekki á neinn veg, að það er eins og hann sè negldur niður á blett þann, sem hann stendur á. — Beri maður eitthvað þúngt á bakinu, þá beygir maður sig áfram, til þess einsog að sameina fallstefnu byrðarinnar og síns eigin líkama, svo vel sem unnt er. — Eins beygir maður sig og áfram þegar hann gengur upp á móti brekku. Ef hann gjörði það ekki, þá mundi fallstefna þúngamiðju hans lenda fyrir aptan fætur honum, og hann sjálfur detta á bakið. — Öðruvísi fer sá að, sem ber í höndunum. Ef hann ber t. a. m. vatnsfötu í annari hendi, þá beygir hann líkamann

út á hina hliðana og rèttir út frá sèr lausu hendina, til þess að halda sèr á þann hátt í jafnvægi (25. mynd), þar sem sá, sem ber byrði á baki, beygir sig áfram (26. mynd), svo sem áður er sagt. — það er nú auðsèð af þessu, hvers vegna að sá stendur upprèttur, sem ber eitthvað á höfðinu, og gengur svo sett og jafnt sem hann getur.

25. mynd.



26. mynd.



Óteljandi eru þau atvik og viðburðir, sem á degi hverjum láta oss þreifa á því, sem nú hefir verið sagt um þúngamiðju líkama. þannig eru t. a. m. glímurnar eitt hið fegursta dæmi upp á það, hvernig menn leitast við að sneiða hjá því, að detta hver fyrir annars brögðum, með því að hafa ætíð fætur fyrir sèr, eða með því, að sjá um, að þúngamiðja líkama síns hafi allt af undirstöðu. — Allt jafnvægi líkama er komið undir því, að þúngamiðja þeirra sè á einhverri undirstöðu. — Meðal leikfánga, sem á þúngamiðjunni eru bygð, má hèr telja nokkur, þó þau sè enn ekki orðin algeng hjá oss. 1. Sívalníngur, sem veltur upp á móti brekkunni. Sívalníngur þessi er optast nær hafður úr brèfi, lagaður eins og krínglóttur botn, ekki mjög lítill, og holur innan. Á einum stað í krínglu þessari er haft blýstykki út við röndina, og verður þá þúngamiðjan annaðhvort í því, eða skammt frá því. 2. Tvöföld keila, sem sýnist velta upp á móti brekku. 3. Sögunarkarlinn, o. s. frv. Ályktunin af athugunum manna um þúngamiðjuna verður ætíð sú: að líkaminn stendur þess fastar og betur: 1. sem botnflötur hans er stærri um sig, 2. sem hann er þýngri, 3. sem þúngamiðja hans er nær jörðinni, og 4. sem þverlína

hans er lengra frá þúngamiðjunni, eða frá fleti þeim, sem líkaminn hreifist um.

þessu mætti enn færa mörg dæmi til styrkíngar; t. a. m. að stöðva staung á fíngri sèr, — vega salt, — gánga á mjóum ási, — standa á öðrum fæti, — vaða strángar og djúpar ár, — gánga á hækjum, o. s. frv.

9.

VOGARSTAUNGIN (*VÆGTSTANG*).

1. Vogarstaung er hver sú sveigjulaus lína, sem ekki hefir einúngis eina undirstöðu undir einum depli í sèr, heldur getur og tálmunarlaust hreifzt eða snúizt um þessa undirstöðu. þessi undirstaða má ekki geta hreifzt til nè frá; hún er ýmist kölluð undirstaða, hvíldarpúnktur (*Hypomoklion*) eða veltuás, eptir því hvernig henni er varið. Vogarstaung þessi er aðalatriðið í öllum skálavogum.

1. Vogarstaungin er annaðhvort **bein** eða **bogin**, **ein-** eða **tvíörmuð**, **hugsuð** eða **smíðuð**. Hin fyrsta skiptíng, í beinar og bognar, fer eptir stefnu vogarstánganna; hin önnur fer eptir því, hvar undirstaða þeirra eða veltuás er, og hin þriðja skiptíng, í hugsaðar og smíðaðar, fer eptir þýngdinni. Með tilliti til beinna og boginna vogarstánga getum vèr þess, að til eru og hornvogarstángir, sem kallaðar eru, en það eru tvær línur, sem mynda horn sín á milli. Með tilliti til ein- og tvíarmaðra vogarstánga getum vèr þess, að þegar undirstaðan er einhverstaðar á milli enda vogarstángarinnar, þá er hún tvíörmuð, en einörmuð þegar undirstaðan er undir öðrumhvorum enda hennar. Hugsaðar eru þær einar vogarstángir, sem enginn þúngi er í, og þýngdin hefir engin áhrif á, og eru því ekki til nema í ímyndaninni eða í huga manns, því ekkert efni er þúngalaust. það er því eins um vogarstángirnar og áður er á minnzt um henglana, að allar þær vogarstángir, sem notaðar eru í lífinu til einhverra starfa, eru smíðaðar eða verulegar.

3. Hvernig sem vogarstaungin er hagnýtt, er þar þó ætíð fyrst talað um byrði eða þúnga, sem vèr getum ekki ákvarðað, eða ráðið hvað mikil hún er, og þar næst um afl, sem annaðhvort á að sigra byrðina, eða að minnsta kosti halda jafn-

vægi við hana. (Á skálavoginni er það byrðin, sem vega skal, en lóðin eru aflið, og á það þar einúngis að halda jafnvægi á við byrðina).

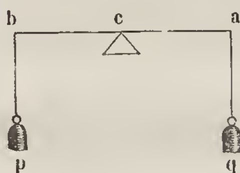
4. Beina línan, sem vèr getum ímyndað oss dregna frá hvíldarpúnktinum eða veltuásnum þverbeint á stefnulínu afls eða byrðar, er það, sem kallað er fjarlægð afls eða byrðar frá hvíldarpúnktinum.

5. Þegar stærð afls eða byrðar er margfölduð með fjarlægð afls eða byrðar, þá kemur fram tala sú eða stærð, sem sýnir hreifíngarmegnið á vogarstaunginni.

Vèr skulum nú snúa athugunum vorum að jafnvægi vogarstángarinnar, og aðgæta hvaða skilyrði eru fyrir því, á hverri tegund hennar. Vèr leggjum hèr hina hugsuðu vogarstaung til grundvallar og gjörum þar að auki fyrst um sinn ráð fyrir, að afl og byrði stefni þverbeint á hana.

Í 27. myndinni skyldi nú *a b* vera jafnörmuð vogarstaung; *c* er hvíldarpúnktur hennar, og af því þetta er jafnörmuð vogarstaung, þá er og undirstaðan rètt undir miðju hennar (undir henni miðri). Undirstaðan er þrístrend, eins og saumhögg í lögun, og vogarstaungin getur hreifzt á henni tálmunarlaust. *p* og *q* eru lóðin, sem hèr eru afl og byrði vogarstángarinnar, og hánga þau beint niður sitt á hvorum enda hennar. Á þessari vogarstaung verða lóðin *p* og *q* að vera jafnþúng, til þess að jafnvægi sè á og vogarstaungin geti legið kyr í lárèttri stefnu. Þúngarnir (afl og byrði) verða því að vera jafnir á hinni jafnörmuðu vogarstaung, til þess að hún sè í jafnvægi. Þetta sýna allar (jafnarmaðar) skálavogir, sem eru nokkurnveginn nákvæmar, og eiga þær þó ekki heima í flokki hugsaðra, heldur smíðaðra vogarstánga.

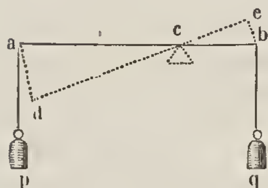
27. mynd.



Fjarlægðirnar *ca* og *cb*, sem hèr eru öldúngis jafnar, skyldu vera 2 fet, og lóðin $p = q = 8$ merkur. Hreifíngarmegn vogarstángarinnar er þá 2 sinnum $8 = 16$ hvorumegin. Og þegar hreifíngarmegnin eru jöfn á báðum örmum vogarstángarinnar, þá er hún í jafnvægi, en annars ekki.

Öðruvísi verða nú þúngarnir að vera, til þess að jafnvægi sè á hinni misörmuðu vogarstaung. Í 28. myndinni er *ab* vogarstaungin og *c* hvíldarpúnkturinn. Armurinn *ca* er helmíngi lengri en armurinn *cb*. Ef að þúngarnir *p* og *q* eru nú jafnir, þá kemst vogarstaungín undir eins úr jafnvægi sínu og lengri armurinn fer niður, en hinn styttri upp.

28. mynd.



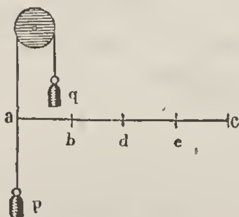
ac skyldi vera 2 fet en *cb* 1 fet. Lóðin *p* og *q* skulu vera hin sömu og í fyrra dæminu, 8 marka þúngt hvort. Hreifíngarmegnin verða hèr þá 2 sinnum 8 = 16 öðrumegin, en hinumegin 1 sinni 8 = 8. það er því auðsèð, að hèr þarf að bæta við eða nema af til þess að jafnvægið fáist, svo að hreifíngarmegnin verði annaðhvort: $2 \times 8 = 16$ og $1 \times 8 + 8 = 16$, eða $2 \times 8 - 8 = 8$ og $1 \times 8 = 8$.

Ef að vogarstaungin snýst svo á undirstöðu sinni, að hún komist í leguna *de*, þá hefir *a* auðsjáanlega farið hálfu lengri boga (*ad*), en *b* (*be*), eða *p* hreifzt með tvöföldum hraða við *q*. Hlutföllin milli hraða þeirra verða þá eins og hlutföllin milli 2 og 1. Af þessu flýtur aptur, að aflið á *a* er tvöfalt meira en aflið á *b*, og er það hinu áður sagða um þúngann til enn meiri styrkíngar. Hvað þúngt þyrfti nú lóðið *q* að vera, ef *ac* væri 4 sinnum eins lángt og *cb* og lóðið *p* væri 6 merkur, til þess að halda jafnvæginu á? — sv. 24 merkur. Hvernig eru hlutföllin milli *ac* og *cb*, þegar vogarstaungin er lárètt og aflið á *a* er 5 pund, en á *b* 7 pund? — sv. eins og milli 7 og 5. —

Atriðisgreinin um jafnvægið á misörmuðu vogarstaunginni er þess vegna hin sama og á þeirri jafnörmuðu: að þegar hreifíngarmegnin eru á báðum örmunum (báðumegin) jöfn, þá er og jafnvægi á staunginni; — eða: öflin á hinni misörmuðu vogarstaung verða að vera í öfugum hlutföllum við fjarlægðirnar frá undirstöðudepli hennar; annars getur ekki verið jafnvægi á staunginni.

Í 29. mynd er *ac* einörmuð vogarstaung. *c* er veltuás hennar eða undirstöðudepill, og er hann í öðrum enda stángarinnar. þúngarnir geta nú verið svo fjærri eða nærri undirstöðudeplinum sem vill, því það er þó ætíð víst, að annar þeirra togar hana niður, en annar upp. Í myndinni liggur þráðurinn, sem *q* hángir á, um hjól eitt, sem er fest uppi yfir vogarstaunginni. Til þess einarmaða vogarstaungin sè í jafnvægi, þurfa hreifíngarmegnin báðumegin að vera jöfn, eins og á þeim fyr nefndu. *p* skyldi nú vera byrðin, en *q* aflið, og bæði eru þau hèr jafnlángt frá undirstöðudeplinum. *ac* skyldi vera 4 feta á lengd. þegar svona er ástatt verða þá *p* og *q* að vera jöfn (t. a. m. $p = 8$ merkur, $q = 8$ merkur; þá er $4 \times 8 = 4 \times 8 = 32$).

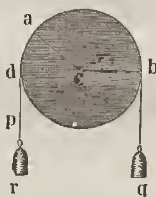
29. mynd.



Væri nú annarhvor þúnginn, t. a. m. aflið *q*, nær undirstöðudeplinum, en byrðin *p* svo sem í deplinum *d*, þá verður: $4 \times 8 = 32$ (byrðin) og $2 \times 8 = 16$ (aflið). Hèr þarf því auðsjáanlega meira afl, til þess að jafnvægið haldist.

Nú er eptir að skoða hornvogarstaungina. 30. mynd er uppdráttur af einni hornvogarstaung, *acb*. Til þess að geta gengið úr skugga um það, að hèr sè hið sama jafnvægisskilyrði og á hinum vogarstaungunum, þá er bezt að mynda fyrst hríng frá undirstöðudeplinum *c*, með t. a. m. geislanum (*radio*) *ca*, draga síðan *cd* út að hríngsumgjörðinni og *rd* þverbeint á *cd*. Með þessum hætti er þá búið að mynda beinu vogarstaungina *bcd*, með öflunum *q* og *r* á. þegar svona er komið, þarf ekki annað en aðgæta, hvort jafnvægisskilyrði hinna beinu vogarstánga er hèr við eða ekki, og það er hægt. Armurinn *cb* og aflið *q*, sem á honum er, stendur heima við hina beinu vogarstaung, en armarnir *cd* og *ca* eru jafnlángir, og öflin *q* og *r* hafa sömu áhrif hvort á sinn arm. — Öflin verða því að vera í öfugum hlutföllum við fjarlægðirnar frá undirstöðudeplinum, til þess að jafnvægi sè, á hverri vogarstaung sem vera skal. — þetta er gyldanda lögmálsatriði fyrir jafnvægi á sèr-

30. mynd.



hverri vogarstaung, og er því nauðsynlegt að setja það vel á sig.

Híngað til höfum vèr alltaf gjört ráð fyrir, að öflin stefndi þverbeint á armana á vogarstaunginni, en þau stefna líka opt skáhallt á þá. Vèr verðum þess vegna einnig að kynna oss skilyrðið fyrir jafnvæginu á vogarstaunginni, þegar öflin stefna skáhallt á armana. Í 31. mynd er línan *ab* misörmuð vogarstaung; *n* er undirstöðudepill hennar, en *ac* og *bd* eru stefnulínur þúnganna (aflanna) á örmum þessarar vogarstángar. Þúngarnir eru *p* og *q*. Eptir aflasamhliðanum má skipta aflinu *p* í tvö öfl, og verður þá stefna annars hluta þess (p') þverbeint á *ab*, en hinn hluti þess stefnir samhliða sjálfri vogarstaunginni. Eins er og aflinu *q* varið: þar stefnir q' þverbeint á *ab* en hinn partur þess samhliða *ab*. Þegar vèr gætum þess, að báðir þeir hlutir aflanna, sem stefna samhliða vogarstaunginni *ab*, geta ekki notið sín vegna fyrirstöðu hins fasta depils *n*, þá sjáum vèr, að hèr starfa í raun og veru einúngis hinir tveir partar aflanna p' og q'. Jafnvægisskilyrðið verður þá hèr að vera $an \times p' = nb \times q'$, og er það samhljóða því, sem áður hefir verið sagt.

31. mynd.

Önnur aðferð. Vèr skulum lengja stefnu aflsins *p* eða línuna *ac* upp á við, svo lángt, að sú lína, sem dregin er frá *n* (undirstöðudeplinum) komi þverbeint á þessa nýju línu, eða línuviðbót. Hèr verður það í deplinum *o*. Þessa línu *no* skulum vèr kalla *l*. Með þessu erum vèr þá búnir að draga upp rètthyrndan þríhyrníng *aon*, og er hann líkur (*similis*) þríhyrníngnum $ap'c$; — *p* er hèr í samanburði við p' eins og *an* í samanburði við *l* og *p* sinnum *l* er jafnt p' sinnum *an*. Aflið *q* stefnir og eins og það tæki þverbeint á vogarstángar-arminn *nm*, og aðferðin er hèr hin sama og við aflið *p*. Hèr er því ekki jafnvægi nema *p* sinnum *on* sè jafnt *q* sinnum *nm* ($p.\ on = q.\ nm$).

32. mynd.

Með sama hætti finnum vèr og hreifíngarmögnin þegar vogarstaungin er hvergi bein, eins og í 32. myndinni. Vèr ætlum ekki að skýra þessa mynd nákvæmar, því vèr ímyndum oss, að

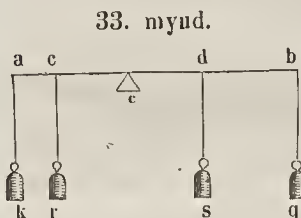
lesendum vorum muni takast að gjöra það sjálfir, af því sem áður er sagt. Einúngis getum vèr þess, að púnktalínurnar í myndinni eru hjálparlínur þær, sem draga skal, til þess að finna hreifíngarmögnin.

Enn fremur skulum vèr nú setja það á oss:

1. Að ef fleiri öfl starfa á einni vogarstaung en tvö, þá er ekki jafnvægi á henni, nema því að eins, að samtala hreifíngarmagnanna báðumegin við undirstöðudepilinn sè jöfn.

Vèr skulum gjöra oss þetta ljóst með dæmi (33. mynd). Vogarstaungin er *ab*; undirstöðudepill hennar er *c*; þúngarnir eru úr *a*, *e*, *d* og *b*. *ca* skyldi vera 12 þumlúngar, *ce* 8 þumlúngar, *cd* 6 þumlúngar og *cb* 20 þumlúngar; *k* er 7 pund, *r* 3 pund, *s* 8 pund og *q* 3 pund. Hèr eru þá: 7 × 12 og 3 × 8 = 8 × 6 og 3 × 20 = 108, en 108 eru samtala hreifíngarmagnanna hvorumegin við undirstöðudepilinn.

33. mynd.



2. Lögmálið fyrir hinni hugsuðu vogarstaung má og nota við hina smíðuðu, en þá verður auk þúnganna og fjarlægðanna einnig að telja þúnga sjálfra vogarstángar-armanna. Ef hin smíðaða vogarstaung er allstaðar jafndigur, þá má ímynda sèr allan þúnga hennar fólginn í miðdepli hennar. Sè hún þar að auki jafnörmuð, þá ollir hún einkis örðugleika við reikuínginn. Óhægra er að fást við hina smíðuðu vogarstaung, þegar undirstöðudepillinn er ekki í þúngamiðju hennar. Skálavogin er hin helzta smíðaða vogarstaung, og skulum vèr tala um hana síðar.

Af því, sem nú hefir verið sagt um vogarstaungina, ætlum vèr lesendum vorum að geta skilið í mörgu af því, sem á hverjum degi ber þeim fyrir augu, og sem auðsjáanlega á rót sína í lögmálinu fyrir vogarstaunginni. Hèr ætlum vèr einúngis að benda á nokkur af hinum einföldustu og algengustu tólum, sem bygð eru á einhverri tegund vogarstángarinnar, t. a. m. lyptistaungina, skærin, taungina, lykilinn, stýrið, hnífinn, sveifina, nafarinn, járnkarlinn, klaufhamarinn, o. s. frv.

Lyptistengur eru þær stengur kallaðar, sem hafðar eru til

að lypta einhverjum púnga með, t. a. m. stórum steinum. Byrðin (það sem upp á að lypta) er þá jafnan höfð svo nærri undirstöðudeplinum, sem unnt er, og aflið svo fjarri honum, sem kostur er á. — Lyptistengurnar eru ýmist ein- eða tvíarmaðar vogarstengur. — Skæri og tengur eru og vogarstengur, og er ásinn (þolinmóðurinn) í þeim undirstöðudepill (veltuás) þeirra; aflið er þar í hendinni, en byrðin er það, sem klippa skal. Þessar vogarstengur eru optast nær misarmaðar. — Á lyklinum er haldið vogarstaung; fjöðrin í skránni er byrðin. — Stýrið er einörmuð vogarstaung og er undirstöðudepillinn þar niðri í sjónum. —

Lögmálið fyrir starfi aflanna á vogarstaunginni er hinn bezti leiðarvísir til þess, að skilja í ymsu, sem oss ber opt og einatt fyrir sjónir, og sem vèr svo iðuglega reynum, t. a. m. að ef tveir menn bera púnga byrði á milli sín á laungu trè, þá verður hún þýngri á þeim manninum, sem nær henni er undir trènu; — að skærin klippa liðugar og betur ofan til en framan til; — að vèr getum án mikillar fyrirhafnar dregið út fast rekinn nagla með naglbít eða klaufhamri; — að því hægra er að bora með nafrinum, sem húnninn á honum er lengri; — að einn maður getur með lyptistaung hreift þann stein, sem margir menn gæti ekki bifað með höndunum tómum, o. s. frv.

Eptir þessu lögmáli getum vèr og reiknað afl það, sem vöðvarnir í líkama mannsins hreifa limina með. Vöðvarnir eru auðsjáanlega svo lagaðir, að það má einsog stytta eða lengja með þeim limina, eptir því, hvort menn ætla að taka upp púnga byrði eða lètta. Þess vegna eru og vöðvarnir ætíð rètt hjá eða skammt frá undirstöðudeplum (veltuásum) limanna. Vèr hljótum margra orsaka vegna að sleppa öllum þeim reikníngum, sem að þessu lúta, og getum þess einúngis, að hjá þeim manni, sem er 18 fjórðúnga púngur, og ber 20 fjórðúnga á bakinu, og stendur svo á öðrum fæti, bognum í hnjáliðnum, beita vöðvarnir fyrir ofan hnèð 228 fjórðúnga afli.

Að lyktum getum vèr þess, að einarmaðar vogarstengur skiptast í burðarstengur og slaungvistengur. Á burðarstaungunum er púnginn nær undirstöðudeplinum en aflið, og eru þær því einkar vel lagaðar til þess, að bera á þeim púngar byrðar. Með slaungvistaungunum verða þar á móti ekki teknir upp mjög miklir púngar, því aflið er þar nær undirstöðudeplinum, en byrðin, og byrðin fer þar um miklu lengri boga, en aflið.

Kasti maður steini úr hendi sèr, þá er handleggurinn slaungvistaung. Ef handleggnum er þá haldið beinum út öllum saman, þá er undirstöðudepillinn í axlarliðnum, en kreppi maður hann í olboga, þá er undirstöðudepillinn í olboganum. Byrðin (steinninn, sem kastað er) er hèr fjær veltuásnum en aflið (vöðvarnir, sem koma hreifíngunni á handlegginn).

10.
HIN HELZTU TÓL OG SMÍÐ-VÈLAR, SEM EIGA RÓT SÍNA Í LÖGMÁLINU FYRIR VOGARSTAUNGINNI.

a. SKÁLAVOGIN.

Jafnvel þó að skálavogin sè eitt af hinum algengu tólum, sem flestir bera kennsl á, höldum vèr þó nauðsyn að fara hèr um hana nokkrum orðum.

Í hinni algengu skálavog er ein jafnörmuð vogarstaung, og á miðju hennar er mundángurinn, sem kallaður er, en á endum hennar hánga þúngarnir. Þúngamiðja stángarinnar verður að vera þverbeint niður undan undirstöðudeplinum (veltuásnum), en þó skammt frá honum. Ef þúngamiðja stángarinnar væri fyrir ofan veltuásinn, þá yrði mjög svo örðugt að fá jafnvægi á hana, og væri þúngamiðjan í veltuásnum, þá yrði staungin fjarskalega kvik og óviss. En þegar þúngamiðjan er mátulega lángt fyrir neðan veltuás stángarinnar, þá getur vogin fyrst orðið áreiðanleg, því þúngamiðjan reynir þá ætíð að vera þverbeint niður undan honum. Til þess að gjöra þetta enn vissara, er vogarstaungin í skálavoginni optast nær höfð nokkuð breiðari um miðjuna en til endanna. Veltuásinn á helzt að liggja í þeirri lárèttu línu, sem þeir púnktar á stángarendunum eru í, sem skálirnar hánga á. Stángar-armarnir þurfa að vera öldúngis eins báðir (jafn- digrir,- þúngir,- lángir, o. s. frv.)

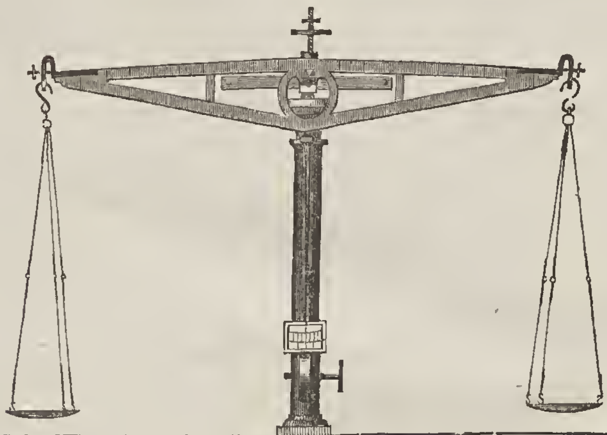
Vèr skulum nú taka það saman í nokkrar greinir, sem þurfa þykir, til þess að skálavogin sè svo vönduð, sem unnt er: 1. Vogarstaungin verður að vera úr hertu stáli, og svo sterk, að hún bogni ekki undan neinum þúnga, sem á skálarnar er látinn. 2. Þegar ekkert er á skálunum, eða þá jafn-mikið á báðum, þá á vogarstaungin ætíð að taka á sig lárètta stefnu. 3. Í þessari lárèttu stefnu á hún eins að vera, þó skipt sè um skálarnar á endunum, eða þúngana á skálunum. 4. Hún á að fara úr þess-

ari lárèttu stefnu (mundángurinn á að hallast), undir eins og nokkur þúngamunur er gjörður á skálunum.

Núníngs-fyrirstaðan á veltuási vogarstángarinnar veldur hèr jafnan nokkurri ónákvæmni; því minni sem þessi núníngsfyrirstaða er, því nákvæmari er einnig vogin.

Menn eru vanir að sýna nákvæmni skálavogarinnar með brotatölu. Nefnari brotsins er sá þúngi, sem mestan má láta á skálarnar, en teljarinn er sá þúngi, sem minnstum þarf að bæta á hinn, til þess, að mundángshalli verði á voginni. (Mundángshalli er sá bogi, sem mundángurinn fer um, þegar vogarstaungin fer úr lárèttri stefnu). Það eru til þær skálavogir, sem hafa nákvæmnina $\frac{1}{150000}$ eða meiri. Það er ekki unnt að sjá það í fljótu bragði, hvort skálavogin er rètt eða ekki, því það getur undir eins gjört tölnverða ónákvæmni, ef armarnir eru ekki öldúngis jafnlángir. Sè styttri armurinn ögn þýngri en hinn, þá er nú enn hægra að villa manni sjónir. Hægast er að reyna hvort skálavogin er rètt, með því, að skipta um þúngana á skálunum, þegar staungin er í jafnvægi. Fari hún ekki úr jafnvæginu, þegar um þúngana er skipt, þá er vogin rètt. — Menn eiga ætíð að jafna skálarnar, eða fá jafnvægi á staungina áður en farið er að vega, og ef skálarnar eru misþúngar, má leggja eitthvað á lèttari skálina, til þess að hún verði eins þúng og hin.

34. mynd.



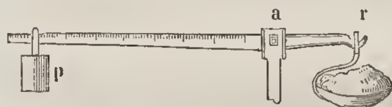
Skálavogin, sem hèr er dregin upp í 31. myndinni, er nokkuð frábrugðin hinum algengu smáu skálavogum. Hún á að

sýna, hvernig vel nákvæm vog þarf að vera löguð, en að öðru leyti er hún gjörð eptir sömu reglum og hver önnur skálavog, svo lesendum vorum mun ekki veita það örðugt að skilja hana, og sjá hvað frábrugðið er við hana. Veltnásinn er þrístrendur, og er hann smíðaður úr hertu stáli. Hann er fastur í vogarstaunginni, og snýr ein brúnin niður og liggur á hörðum steini og vel sléttum, t. a. m. *agati*. Staungin sjálf er tvöföld, og á það að varna því, að hún geti bognað undir þúnganum, sem vega skal. Mundángurinn snýr niður, og hreifist broddur hans um nákvæmlega markaðan boga, svo að hèr getur ekki hinn minnsti mundángshalli dulizt.

b. REIZLAN.

Reizlan er öðru nafni kölluð rómversk vog (Rómavog), og er hún ekki annað en misörmuð vogarstaung. Þar er sami þúnginn (lóðið) hafður til þess að vega ymsar byrðir með. Reizlan er hið algengasta vogartól á voru landi, og er hún hèr sýnd í 35. myndinni. *a* er undirstöðudepillinn. Þúnginn, sem vega skal, er ætíð jafnlángt frá undirstöðudeplinum; vèr skulum kalla þúngann *r*, en lóðið *p*. Mörkin, sem gjörð eru á reizluleggin, eiga nákvæmlega að sýna fjarlægðirnar frá undirstöðudeplinum (veltuás reizlunnar) á lengri arminum. Það er með öðrum orðum: mörkin sýna jöfnuðinn milli fjarlægða þúnganna frá veltuásnum *a*. Reikníngurinn er hèr hinn sami og við hina misörmuðu vogarstaung, og sama er lögmálið. Reizlan er ónákvæmari en skálavogin. Þó er tugavogin (*Decimal*-vogin), sem kölluð er, enn ónákvæmari.

35. mynd.



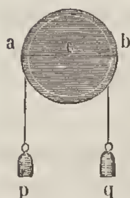
c. SKORUHJÓLIÐ OG DRAGREIPIÐ.

Skoruhjól (hjólkerlíng — *Tridse*) er sèrhver þunn kríngla, úr hverju föstu efni sem er, með skoru í röndina umhverfis og ási i miðjunni, sem stendur

þverbeint í gegnum kringluna. Til eru bæði föst skoruhjól og laus. Föst eru þau kölluð, sem leika á ási, sem fastur er í einhverjum uppstöndurum, sem ekki hreifast til nè frá. þau velta því einúngis um þenna ás, en hreifast að öðru leyti ekkert. þannig er t. a. m. rokkhjólið fast skoruhjól. Hin lausu skoruhjól velta og um ás sinn, en hreifast undir eins áfram í rúminu. þau eru bæði á rás og veltu undir eins.

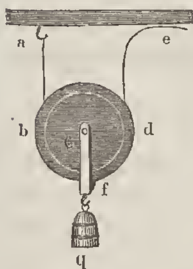
Vèr skulum fyrst athuga það skoruhjól, sem hèr er sýnt í 36. myndinni. Sèst það þá bráðum, að hjól þetta er í raun og veru ekki annað en jafnörmuð vogarstaung. Undirstöðudepill hennar er veltuás (möndull) hjólsins, c, og armarnir eru geislarnir ca og cb. Eigi hjólið ekki að velta á annanhvorn veginn, þá verða þúngarnir p og q, sem á því hánga, að vera öldúngis jafnir. það sèst og við nákvæmari athugan, að hið fasta skoruhjól sparar manni hvorki afl nè tíma, heldur mínkar það einúngis núníngsfyrirstöðuna, því það gefur öflunum svo hentuga stefnu.

36. mynd.

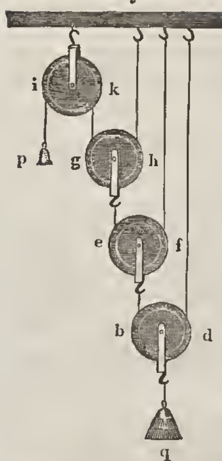


þetta var nú fasta skoruhjólið. En hèr er hið lausa skoruhjól sýnt í 37. myndinni. þar liggur snúran neðan undir hjólinu í skorunni bfd, og er á öðrum endanum bundin um krókinn a, sem er í einhverjum föstum líkama uppi yfir hjólinu. Aflinu er beitt á hinn snúruendann e, en þúnginn (byrðin) q er á króknum f, sem festur er á veltuás hjólsins c. þverlína hjólsins bd er hèr auðsjáanlega einörmuð vogarstaung, og b er undirstöðudepill hennar. — það er auðsèð, að aflið, sem stefnir á d í vogarstaunginni, er hálfu fjær undirstöðudeplinum, en byrðin. Væri byrðin 16 fjórðúngar, þá þarf hèr einúngis 8 fjórðúnga afl til þess, að halda jafnvæginu á ($1 \times 16 = 2 \times 8 = 16$). Lausa skoruhjólið sparar því helmíng afls, og fyrir þá sök er það og opt við haft í störfum manna.

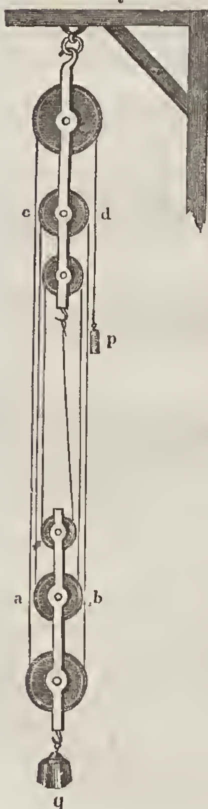
37. mynd.



38. mynd.



39. mynd.



38. mynd er uppdráttur af vèl nokkurri með 3 lausum skoruhjólum, *bd*, *ef*, *gh*, og einu föstu, *ik*. Tilgángur slíkra vèla er auðskilinn, því sèrhvert laust skoruhjól eykur aflið um helmíng. Aflsauki þessara 3 lausu skoruhjóla er $= 2 \times 2 \times 2 = 8$. Lausu skoruhjólin skyldu nú vera 4 og þúnginn á neðsta hjólinu, eða á allri vèlinni, skyldi vera 128 pund, þá þyrfti ein 8 pund til þess, að halda jafnvæginu á; því aflsauki hjólanna væri þá$=2 \times 2 \times 2 \times 2=16$, en 16di parturinn af 128 er 8 ($128 : 16 = 8$). — Fasta skoruhjólið er, eins og fyr var á vikið, eingöngis til þess, að gefa öflunum hentuga stefnu. Það mætti því vel kalla það stefnuhjól, en lausa skoruhjólið lèttishjól.

Í 39. myndinni er sýnishorn af annari miklu fjölskrúðugri hjólavèl. Hjólin eru þar í tveimur flokkum, og eru 3 og 3 í klofum útaf fyrir sig. Í neðri klofanum eru laus hjól, en í hinum efri föst. Þær vèlar, sem svona eru lagaðar, eru kallaðar dragreipisvèlar (*Tallie; — Polyspast*). Myndin sýnir hvernig sama snúran liggur um öll 6 hjólin. Annar endi hennar er fastur neðan í krók á efri klofanum. Byrðin *q* er hengd neðan í neðri klofann, og aflið *p* er á lausa endanum á snúrunni. En nú er að sjá hlutföllin milli afls og byrðar á þessum dragreipisvèlum, og skulum vèr þegar snúa athygli vorri að því efni.

Það er auðsèð, að þær 6 snúrur, sem eru á milli hjólaflokkanna, styttast hver fyrir sig um eins mikið og byrðin lyptist upp, eða að aflið *p* fer um 6 sinnum eins lángan veg og byrðin. Aflið þarf því á þessari vèl ekki að vera nema eins og $\frac{1}{6}$ (sjöttúngur) af byrðinni. Þegar núníngsfyrirstöðunni er sleppt, þá verður aðalreglan sú: að til þess, að

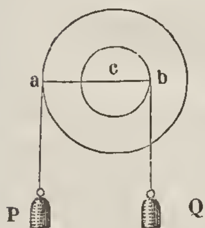
jafnvægi sè á dragreipisvèlinni, þarf aflið, í samanburði við byrðina, að vera í öfugum hlutföllum við vegina (rúmin), eða: aflið má vera svo mörgum sinnum minna en byrðin, eins og lyptisnúrurnar eru margar.

Dragreipisvèlin er ekki að eins einhver hin algengasta, heldur og einhver hin hagkvæmasta vèl, sem til er. Hún er einkum höfð til þess, að lypta upp með henni þúngum byrðum með litlu afli, og er hún því hvervetna við höfð í kaupstöðum og á hafskipum, stundum með fleiri og stundum með færri hjólum, eptir því sem á stendur og við á á hverjum stað.

d. VINDAN.

Undir eins og vèr lítum á 40. myndina, sjáum vèr, að hún er í sumu tilliti mjög lík skoruhjólinu.

40. mynd.



Helztu atriðin, sem hèr þarf að skoða, eru þessi:

1. Vindan er sívalur ás, sem veltur um möndul sinn, og á þessum ási er fast hjól, með sama miðdepli og í ásnum er; hjólið er ætíð þverbeint á ásnum. Stundum er ekkert hjól á vindunni, heldur er hún þá ás einn, digur og sterkur. Aflinu er þá beitt á stengur nokkrar, sem settar eru inn í göt á ásnum. Þessi vinda er algeng á kaupskipum.

2. Byrðin, sem lypta skal eða draga með vindunni, er optast nær fest við sterkt reipi eða kaðal, sem er látinn vefjast upp á vinduásinn um leið og henni er snúið. Aflinu er þar á móti beitt á umgjörð hjólsins, eða hinar fyr nefndu vindustengur, og er það því miklu fjær veltuásnum, en byrðin.

3. Vindunni má jafna við misarmaða vogarstaung, eins og skoruhjólinu. Í myndinni (40.) táknar *c* veltuás eða undirstöðudepil vindunnar, og er hann í miðjum ásnum. Styttri armur vogarstángarinnar er ásgeislinn *cb*, en lengri armur hennar er hjólgeislinn eða vindustaungin *ca*. Ef að stefnur afls og

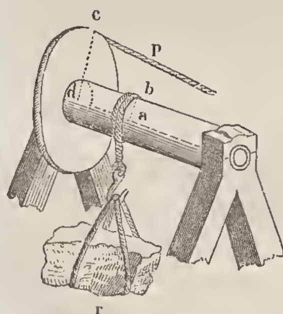
byrðar eru þverbeinar á vogarstángar-armana, og yzt á endum þeirra, þá verður ekki jafnvægi á vindunni nema því að eins, að aflið sè eins í samanburði við byrðina, eins og ásgeislinn er í samanburði við hjólgeislann eða vindustaungina (þ. e. $P : Q = cb : ca$), því þá er P sinnum $ca = Q$ sinnum cb.

Dæmi. Vèr skulum ímynda oss mann, sem ekki gæti hreift eða fært til nema 3 fjórðúnga með höndunum tómum. Hvað ætla hann gæti þá hreift mikinn þúnga með vindu þeirri, sem ásgeisli og hjólgeisli væri í sömu hlutföllum í sín á milli, eins og $\frac{3}{4}$ og 6 eru í sín á milli? — Svar: 24 fjórðúnga; því að $\frac{3}{4}$ eru eins $\frac{1}{8}$ af 6, eins og 3 fjórðúngar eru $\frac{1}{8}$ af 24 fjórðúngum.

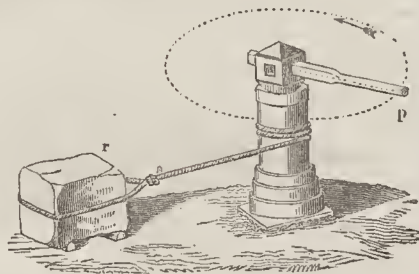
4. Aflinu er beitt á mjög ymsan hátt á vindunni: stundum er það þrýstíng á vindustengurnar (eins og á vindkvarnavængjunum), stundum er það vatnsbuna, sem er látin hrinda á trogspaða á vinduhjólinu (eins og á vatnskvörnunum), stundum eru menn eða hestar látnir stíga vinduna, og stundum er aflið togunar- eða dráttarafl.

5. Vindan er tvennskonar: flatvinda eða lávinda, og standvinda eða karlvinda. Flatvinda er það, þegar vinduásinn liggur lárètt, eins og í 41. mynd. Í 42. myndinni er þar á móti standvinda, og stendur vinduásinn í henni þverbeint upp. Í báðum myndum er þúnginn (byrðin) *r* og aflið *p*.

41. mynd.



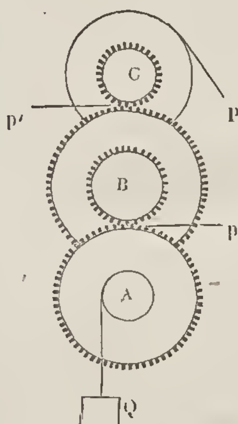
42. mynd.



e. TANNHJÓLAVÈLAR.

Tannhjólavèlar köllum vèr þær vèlar, sem mörg tannhjól eru í, sem taka hvert í annað, og hreifa þannig hvert annað. Í tannhjólavèlunum eru jafnan tvö hjól á sama ási, annað stórt og annað lítið, og tekur stærra hjólið á hverjum ási í minna hjólið á næsta ási. Þetta sèst af 43. mynd. Vèr skulum kalla geisla hinna minni hjóla í myndinni r, r′, r″, og hinna stærri hjóla R, R', R''. Á neðsta litla hjólinu er byrðin Q, og henni á aflið P, sem er á efsta hjólinu, að halda í jafnvægi. Ef vèr ímynduðum oss þar að auki tvö öfl, p og p', sem halda skyldu jafnvægi á miðhjólinu og neðsta hjólinu út af fyrir sig, þá yrði: $Q = pR$; $pr' = p'R'$; $p'r'' = PR'$, og þess vegna: $\frac{r\,r'\,r''}{R\,R'\,R''}Q$, eða $P : Q = r\,r'\,r'' : R\,R'\,R''$.

43. mynd.



11.

HALLANDI (*PLANUM INCLINATUM*).

Taki maður slètta fjöl eða glerflögu og leggi hana lárètta niður á hliðina, þá liggur það kyrt sem á hana er látið. Sè þar á móti annar endi fjalarinnar smátt og smátt hækkaður upp, þá veltur líkaminn því skjótar niður eptir henni, sem hallinn (brekkan) verður meiri.

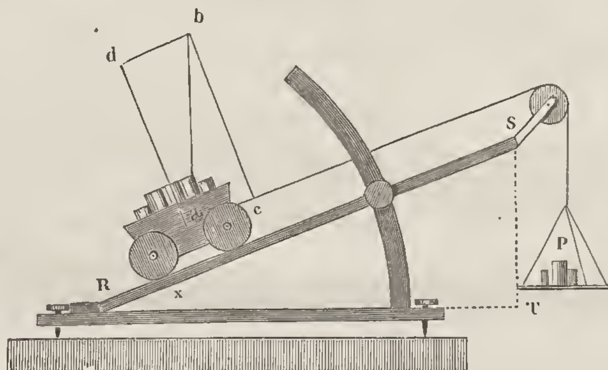
1. Sèrhver sá flötur er hallandi, sem myndar hvasst horn við sjóndeildarhríng.

2. Hallandinn ónýtir jafnan nokkuð af þrýstíngu líkamans á undirstöðu sína, og það er einúngis sá partur hennar, sem þá er eptir, sem knýr líkamann niður eptir hallandanum.

3. Eigi líkaminn að halda kyrru fyrir á hallandanum (utan í brekkunni), þá verður að beita því afli við hann, sem er í sama jöfnuði við hina sönnu þýngd líkamans, eins og hæð hallandans er í við lengd hans.

þetta skulum vèr láta 44. mynd skýra betur fyrir oss. *R S* er hallandi, *R T* er lárèttur flötur, eða grunnlína hallandans. *S R T* er brekkuhornið (hvassa hornið, sem hallandinn myndar við sjóndeildarhríng eða lárètta stefnu). *S T* er hæð og *R S* er lengd hallandans. Í myndinni er dálítill vagn á hallandanum.

44. mynd.



Vèr drögum nú strikið *b a* þverbeint á lárèttu línuna *R T*, og með þeim hætti er stefna þýngdarinnar fundin. þessu næst drögum vèr línuna *b d* samhliða hallandanum, og *b c* og *d a* þverbeint niður á hann. Hèr er þá myndaður aflasamhliðinn *b d a c*. Aflið (þýngdaraflið) *b a* hugsum vèr oss þannig leyst upp í öflin *b d* og *d a*. það er auðsèð, að aflið *d a* getur ekki komið líkamanum (vagninum) niður eptir hallandanum, heldur *d b* einúngis, og hèr þarf því afl jafnt *d b* til þess, að halda jafnvægi á. Hèr er $bd : ba = ST : SR$ (því að $\triangle\, bda \backsimeq \triangle\, STR$)*). — það er: fallaflið á hallandanum er eins í samanburði við allt þýngdarafl líkamans, eins og hæð hallandans er í samanburði við lengd hans.

Að endíngu skulum vèr setja það á oss, að þúnginn *P*, sem er það afl, er halda skal líkamanum í jafnvægi á hallandanum, þarf ekki að vera nema lítið meiri, til þess að líkaminn færist upp eptir hallandanum, en sá hluti af þýngdarafli líkamans, sem knýr hann niður eptir hallandanum, eða *d b*. Ef *d b* væri 8 fjórð-

*) þ. e. þríhyrníngurinn *b d a* er líkur í lögun þríhyrníngnum *S T R*.

úngar, þá ætti *P* að draga líkamann upp eptir hallandanum, ef það væri 2 mörkum þýngra (það er að segja, þegar núníngsfyrirstaðan er ekki tekin til greina).

12.
HIN HÉLZTU AF TÓLUM ÞEIM, SEM BYGGÐ ERU Á LÖGMÁLINU FYRIR HALLANDANUM.

a. FLEIGURINN.

Fleigurinn er einkum hafður til þess, að rífa með trè, sprengja steina, o. s. frv. Þess lengri sem fleigurinn er í samanburði við þykkt hans, þess minna afli þarf að beita til þess að reka hann, en þess seinna gengur og að kljúfa eða sprengja líkamann; því þess styttri og þykkari (meira snéiddur) sem fleigurinn er, þess fljótar rifnar líkaminn, sem hann er rekinn inn í. Stórir hnífar, axir, sverð, meitlar, plógjárn og jafnvel nálar og spjót eru í raun og veru fleigar.

1. Fleigurinn er einfaldur, þegar hann er ekki sneiddur nema öðrumegin (hann er þá eins í lögun og hallandinn í 44. mynd), en þegar hann er báðumegin sneiddur, þá er hann kallaður tvöfaldur (hann er þá eins og tveir hallandar væri felldir saman í grunnlínunni).

2. Þegar fleigurinn er notaður, þá er fyrirstaða líkamans, sem kljúfa skal eða aðgreina, byrði. Aflið er optast nær högg, og er ekki hægt að ákveða styrkleika þess eptir lögmáli jafnvægisins.

3. Ef vèr köllum þykkt fleigsins *A* og lengdina *B*, þá er aflið *P* í samanburði við byrðina *Q*, eins og *A* í samanburði við *B*. Hefðum vèr t. a. m. hníf, sem bakkaþykktin á væri eins í samanburði við blaðbreiddina, eins og 1 í samanburði við 20, þá þyrfti ekki nema $\frac{1}{20}$ af samloðunarafli líkamans til þess að kljúfa hann, eða til þess að hnífurinn gengi í hann.

4. Fleigurinn á ætíð mikilli núníngsfyrirstöðu að mæta, og veldur hún miklum örðugleika, þá er reikna skal aflið, sem á þarf að halda við þá eða þá fleigmynd. Vèr förum þess vegna hèr ekki fleirum orðum um þetta

alkunna tól, og látum oss nægja með það, að hafa drepið á hin helztu atriði, sem því koma við.

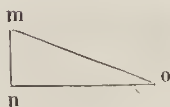
b. SKRÚFAN OG SKRÚFAN ENDALAUSA.

Aðalhluti skrúfunnar er beinn sívalníngur; skrúfugarðarnir eru ekki annað en hallandar, sem vafið er utan um sívalnínginn. Vèr skiptum skrúfunni í tvo flokka: pípuskrúfu eða holskrúfu (*Möttrik*) og tappaskrúfu. Á holskrúfunni eru skrúfugarðarnir innan í sívölum hríngfleti (hólki), en á tappaskrúfunni eru þeir utan á. Báðar starfa skrúfur þessar undir eins, og falla nákvæmlega hvor í aðra. Skrúfan er notuð bæði til þess að lypta og þrýsta með litlu afli. Hún er eitthvert hið algengasta atriði í öllum smíðatólum, og starfi hennar og meðferð er fáum með öllu ókunn. Um hana skulum vèr setja það á oss:

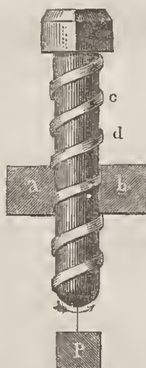
1. Að aflinu, sem hreifir skrúfuna, er ýmist beitt á annanhvorn enda hennar sjálfrar, eða þá á vogarstaung, sem er á öðrumhvorum skrúfuendanum.

2. Vegna þess að skrúfan er svo lík fleignum, er hún og svipuðu lögmáli háð. Þegar aflið er í sama jöfnuði við byrðina eða fyrirstöðuna, eins og bilið milli tveggja skrúfugarða (skrúfuhæð) er í við umgjörð sívalníngsins, þá er jafnvægi á skrúfunni, en annars ekki.

45. mynd.



46. mynd.



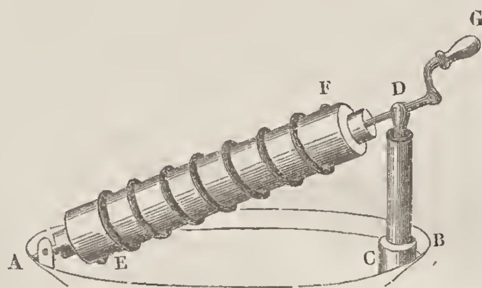
Vèr skulum nú skýra þetta fyrir oss með myndum (45. og 46.). Í þríhyrníngnum *mno* skyldi *mn* vera skrúfuhæð (*mn* í 45. myndinni skyldi vera jafnt *cd* í 46. myndinni), og *no* skyldi vera umgjarðarlengd sívalníngsins. Efað nú þríhyrníngnum væri vafið utan um sívalnínginn, þá væri þar komin ein skrúfuumferð (einn skrúfugarður). Skrúfugarðarnir á sívalníngnum í 46. mynd falla öldúngis í holskrúfuna í *a b*. Sè nú þessari skrúfu snúið eins og pílan bendir á, þá lyptist byrðin *P* upp, ef *a b* er fast. Aflið

sem snýr skrúfunni köllum vèr Q, og eptir því, sem áður er sagt um hallandann, sjáum vèr: að $\frac{Q}{P} = \frac{no}{mn}$ á skrúfunni. Með þessum hætti verður það fundið með reikníngi, hvað mikla fyrirstöðu hver skrúfa getur unnið, þegar aflið, sívalníngsumferð (no) og skrúfuhæð (nm) eru kunn.

3. Þegar einhverri skrúfu er þannig komið fyrir, að garðarnir á tappaskrúfunni taka í skörð á tannhjólsjaðri, þá er sú skrúfa kölluð skrúfan endalausa, af því, að hvað lengi sem verið er að skrúfa, þá þrýtur hún þó aldrei, því alltaf kemur ný tönn á hjólinu milli garðanna á tappaskrúfunni. Í þessari vèl er byrðin látin á hjólásinn; hún sparar mjög afl og er opt einkar nytsöm og þægileg. Skrúfan endalausa er eins og flestar aðrar smíðvèlar mjög sjaldgæf hjá oss, þó er hún til í hesputrjám, og má þar vel sjá hvernig henni er varið.

4. Vèr getum ekki stillt oss um, að minnast hèr á skrúfu Arkímedes, sem hèr er sýnd í 47. myndinni. Fyrst er tekinn digur sívalníngur og utan um hann er pípunni EF vafið, eins og skrúfugörðum. Sívalníngurinn er látinn hallast töluvert, eins og myndin sýnir, og við A og D er svo búið um, að hann veltur þegar sveifinni G er snúið, án þess að haggast þó nokkuð. Skrúfa Arkímedes er einkar hentug til þess, að ausa upp með henni fen og tjarnir, og stundum er hún höfð til þess, að lypta með henni smárri mold eða öðru þesskonar. Þegar eitthvað mikið skal gjöra með skrúfu þessari,

47. mynd.



t. a. m. ausa upp fen eða tjörn, þá eru menn vanir að koma fyrir vindkvarnarvængjum á sveifina og láta vindinn hafa fyrir því, að snúa skrúfunni. Skrúfupípan er opin í báða enda. Neðra opinu *E* þarf að vera svo fyrir komið, að þegar skrúfan snýst sè það undir, eða niðri í því, sem upp á að skrúfa, t. a. m. hèr er það niðri í vatninu í kerinu *AB*. Þegar skrúfan snýst, fer vatnið inn í pípuopið *E*, og lyptist þá nokkuð af því upp við snúnínginn, en þýngdin gjörir það, að það sækir allt af niður í þann hluta pípunnar, sem er neðan undir sívalníngnum. Með þessum hætti skrúfast vatnið upp eptir pípunni og kemur loks út um efra op hennar *F*.

Athugagrein. Í því, sem nú hefir verið sagt um ýms tól og smíðvèlar manna, hefir núníngsfyrirstöðunni verið sleppt með öllu. En ef smíða skal vèl nokkra og nota hana í störfum manna, þá verður að gjöra ráð fyrir núníngsfyrirstöðunni, og gjöra við henni svo mikið sem kostur er á, því það er meðfram henni að kenna, að engin smíðuð vèl starfar fullkomlega eins mikið, eins og hún ætti að geta gjört eptir hugmynd sinni. Núníngsfyrirstaðan fer meira eptir þrýstíngunni, en stærð flatanna, sem saman núast. Mest er hún við núníng, minni við veltu og minnst við snúníng. Það er t. a. m. meiri núníngsfyrirstaða á fleignum, sem rekinn er í trè, en á kúlunni, sem veltur um slèttan flöt, og þó er hún enn minni á skopparakrínglubroddinum, sem leikur á marmarahellunni. *Morin* hefir athugað núníngsfyrirstöðu ymsra líkama, og þegar henni er jafnað saman við þrýstínguna, þá koma fram þessi brot: núníngsfyrirstaða eikar á eik er 0,32; eirs á eik 0,62; steypts járns á steyptu járni 0,15; látúns á steyptu járni 0,19; járns á járni 0,13. Sè feiti (olía) borin á fleti þá, sem saman núast, þá verður núníngsfyrirstaðan hvergi meira en frá 0,07 til 0,08 af þrýstíngunni. Á engu tóli er núníngsfyrirstaðan eins mikil og á skrúfunni, því þar bætist fleigsþrýstíngin ofan á hana. En núníngsfyrirstaðan er og nytsöm og nauðsynleg; því ef hún væri ekki, þá væri bæði hallandinn og skrúfan mjög hættuleg tól.*)

*) Þess ber að geta, að vogarstaungin, hjólið, vindan, hall-

13.

SPURNÍNGAR, TIL AD RIFJA UPP EPTIR.

Nær er kallað að líkami sè í kyrð? nær að hann sè á hreifíngu? Hvað er viðmiðuð kyrð? hvað er algjör kyrð? Er það nokkurntíma örðugt, að sjá hvort líkami er í kyrð eða ekki? Hvað liggur í orðunum: vegur, tími og hraði? Hver er munur á jafnri og ójafnri, vaxandi og mínkandi, jafnt vaxandi og jafnt mínkandi hreifíngu? Hvernig eru atriðisgreinirnar um hraða, veg og tíma? Hvernig verður vegur líkamans fundinn, þegar hann fer með jöfnum hraða? Hvernig er farið að, þegar hreifíngarstefnurnar eru tvær? Hvað er aflasamhliði? Hvaða not má hafa af honum og hornalínu hans? Hvernig verður lögmálið fyrir frjálsu falli líkama sèð á fallvèl Attvóðs? Hvað er helzt athuganda um líkami þá, sem kastað er beint upp í loptið? Hvernig er kasthreifíngum varið? Hvers þarf skotmaðurinn að gæta? Hvað er miðsóknarafl, snertiafl, miðdepilshreifíngar og miðflóttaafl? Hver er munur á hugsuðum og smíðuðum hengli? Hvaða öfl koma fram í hengilveifíngunni? Hvernig er jöfnunarhengillinn? Hvað sýnir hengillinn ljósast? Hvað er hrindíng? Hver er munur á miðdepilshrindíngu og utanmiðjuhrindíngu? Nær er hún bein og nær er hún skáhöll? Hvað

---

andinn, fleigurinn og skrúfan eru öll saman einu nafni kölluð frumtól (*Grundmaskiner; mekaniske Potenser*), og er það af því, að þau eru jafnan öll eða sum höfð í hverri smíðvèl sem er. Þau eru undirstaða allra tóla, og ekki er nokkurt tól svo lítilfjörlegt eða einfalt, að það eigi þó ekki rót sína í einhverju þeirra. Frumtólunum má aptur skipta í tvo flokka eptir lögmálum þeirra. Er þá í fyrra flokkinum vogarstaung, hjól og vinda, því þau eru öll byggð á jafnvægislögmáli vogarstángarinnar. Í hinum er hallandi, fleigur og skrúfa, því þau eiga öll rót sína í lögmálinu fyrir hallandanum. Þannig verða þá vogarstaungin og hallandinn frumatriði allra tóla, bæði frumtólanna og allra annara. Þau eru einföldust allra tóla, og fyrsta atriðið í hverri smíðvèl sem er.

Þýð.

er slaungvihengill, og hvað er gjört við hann? Hvað er þúngamiðja? Hvernig eru atriðisgreinirnar um hana? Nær stendur líkaminn stöðugastur? Hvað er vogarstaung? Eru tegundir hennar margar? og hverjar þá? Hvað er afl og byrði? Nær er vogarstaungin í jafnvægi? og hvernig verður jafnvægið fundið á hverri tegund hennar? eða þegar öflin stefna ekki þverbeint á arma hennar? Hver eru hin algengustu tól, sem byggð eru á vogarstaunginni? Hver er munur á fasta og lausa skoruhjólinu? Hver eru jafnvægislögmál þeirra? Hvaða not hafa menn af þeim? Hvað er hjólavèl? Hvað er vinda? Er hún margskonar? Hvað er tannhjól? Hvað er hallandi? Hvað er helzt að segja um fleiginn og skrúfuna?

ÞRIÐJA ATRIÐI.

HREIFÍNG OG JAFNVÆGI LAGAR.

Athugagrein. Enginn lögur er eins merkilegur nè eins nytsamur og vatnið, og fyrir þá sök tölum vèr og mest um það í þessu atriði. Það sem sagt verður um þrýstíngu, jafnvægi, hreifíngu vatns, o. s. frv., er svo lagað, að það verður meira eða minna heimfært til annara laga eða lagartegunda.

1.

VATNID Í SAMANBURDI VID YMSA ADRA LEGI.

Vatnið er oss öllum meira eða minna kunnugt, og það með, að partar þess verða auðveldlega aðgreindir og hreifðir hverir innan um aðra. Með tilliti til þessa eiginlegleika, sem fyr hefir verið minnzt á, teljum vèr vatnið meðal lagartegunda (drjúpandi líkama). En með tilliti til þess, að vatnið gengur inn í þau rúm, sem varla eru sjáanleg með sjónauka, hvað þá með beru auga, köllum vèr það þunnan lög, og aðgreinum það á þann hátt frá tjöru, hunángi, sýrópi, o. s. frv., sem vèr köllum þykka legi. Ef einhver spyrði, hvað vatnið væri, þá er þó ekki nóg að segja, að það sè þunnur lögur, heldur þarf og að taka fram ymsar aðrar einkunnir þess, því hitt getur eins átt við um marga aðra legi, t. a. m. vínanda, mjólk, sýrur, o. s. frv. En vatnið er gagnsætt, litarlaust, þeflaust og bragðlaust, og það eru þær einkunnir, sem fram þarf að taka í svarinu upp á það, hvað vatnið sè: Vatnið er þunnur lögur, gagnsær, sem hvorki hefir lit, lykt nè smekk (bragð).

Hèr að auki þurfum vèr að setja þetta fernt á oss:

1. Að í þessu atriði er jafnan talað um hreinsað (*destilleret*) vatn, nema þegar annað er til greint. Vatnið er kallað hreinsað, þegar menn hafa losað það við allt það, sem því er óviðkomandi. Uppsprettuvatn, brunnvatn, lækjavatn, o. s. frv., vantar optast nær fleiri eða færri af hinum áður nefndu einkunnum vatnsins. Þess vegna er það og rèttmæli, er

talað er um að það eða það bragð eða lykt sè af vatninu, því þá er það blandað ymsu því, sem því er óviðkomandi. Þess hreinna sem vatnið er, þess mýkra er það og, en þess harðara (snarpara), sem það er óhreinna. Regnvatn og snjóvatn er það hreinasta vatn, sem til er í náttúrunni, en þó er það hvergi nærri hreint, eða ómeingað.

2. Vatnið fúlnar stundum og rotnar, og verður þá bragðið af því viðbjóðslega illt. Orsökin til þessa eru og óviðkomandi efni, sem í vatninu eru, og er þetta atriði svo algengt, að ekki er þörf á að sanna það með neinum dæmum. En það er eptirtektavert, að slíkt vatn getur staðið svo lengi, að það verði aptur hæfilegt fyrir neyzluvatn. Það er kallað, að vatnið hafi þá sezt til, og eru þá hin óviðkomandi efni, sem í því höfðu verið og ollað því, að vatnið fúlnaði, í leðju undir vatninu á kerbotninum. Þetta er sjófarendum kunnugt, og þess vegna skipta þeir sèr ekki af því, þó vatnið fúlni, því þeir vita, að það verður þó seinna haft fyrir neyzluvatn.

3. Kol þykir vera hin bezta vörn þess, að vatn eða aðrir legir fúlni. Menn mylja kolin svo smátt, sem auðið er, og láta þau síðan í vatnið. Þar á eptir eru og nokkrir dropar af þèttaðri (*concentreret*) brennisteinssýru látnir drjúpa í það; svo er hrært í öllu saman og vatnið á endanum síað í gegn um stóra hamp- eða ullarvoð, vel hreina. Með þessum hætti má og geyma olíu, brennivín, o. s. frv.

4. Vatnið er sjálfgjörður lögur: þ. e. hreint vatn er í eðlí sínu lögur. Eins er því og varið um kvikasilfur, vínanda, ljóssvaka (*Æther*), og allar fljótandi olíur. — Kvikasilfur fæst hreinast úr sínóber (*zinnober*): það er silfurgrátt, ógagnsætt og mjög gljáanda. Það er verulegur málmur, og leysir þó alla aðra málma upp, nema járnið, sem er eins og ofurefli þess. — Vínandi myndast við það, þegar sæt jurtaefni ólga við vínbruggun, og nokkuð af sætu þeirra verður að legi. Vínandinn er eldfimur. Hann er opt notaður við tilraunir, sem gjörðar eru í eðlisfræðinni. — Ljóssvaka má hvorki blanda saman við bergnöptu (*Bergnafta*), sem er hin smágjörfasta bergolíutegund, nè hina fjaðurmögnuðu lopttegund, sem á að vera dreifð út um allan geiminn. Ljóssvaki næst með sýrum úr alkóhóli, eða vandlega hreinsuðum vínanda. Hann er ákallega eldfimur, og er hann hafður til þess að leysa upp ymsa líkami. —

Olíurnar eru svo alkunnar, að vèr hirðum ekki um að fjölyrða meir um þær.

2.

HÆFILEGLEIKI VATNS AÐ GÁNGA SUNDUR OG SAMAN, OG UM ÞENSLU ÞESS.

Lögmálsgrein sú, sem áður hefir verið á minnzt: að vaxandi hiti þendi líkamina sundur, en vaxandi kuldi drægi þá saman, á og heima hjá vatninu, og sèst það meðal annars af því, þegar vatn er hitað yfir eldi. Vèr sjáum þess vegna, að vatnið getur gengið sundur, eða þanizt út. En þá er að vita, hvort því verður þrýst saman í minna rúm, en því er eðlilegt. Vèr höfum efalaust tekið eptir því, að við kulda gengur það saman. En allt öðruvísi fer um þetta, ef menn ætla að þrýsta vatninu saman með líkamlegu afli. En vegna þess að þær tilraunir, sem hèr eiga við, eru mjög svo vandasamar og margbrotnar, þá látum vèr oss nægja, að geta þess eins, að legir þrýstast miklu minna saman en fastir líkamir. Þannig mundi t. a. m. 3 þumlúnga þykk fallbyssupípa, sem fyllt væri með vatn, fyr rifna í sundur (springa), en vatninu í henni yrði þrýst í $\frac{9}{200}$ minna rúm, en því er eðlilegt. Sönnunin fyrir þessu er auðfundin. Vatnið gengur varla saman um $\frac{1}{20000}$ við einfalda loptþrýstíngu (1 *Atmosphære*), eins og síðar mun sýnt verða, en það veitir ekki af þúsundfaldri loptþrýstíngu (1000 *Atmosphærer*) til þess að sprengja fallbyssupípuna, sem vèr tókum til dæmis. Engum líkömum er eins auðvelt að þrýsta saman, eins og lopttegundunum.

Margt ber það við í lífi manna, sem sýnir, að vatnið er fjaðurmagnaður (*elastisk*) líkami. Það er t. a. m. fjaðurmagn vatnsins, sem þá lýsir sèr, þegar menn fleyta kerlíngu, í því, að hellublaðið hoppar á vatninu, þángað til þýngdin knýr það niður, svo að það sökkur á endanum. En ekki er fjaðurmagn vatnsins þó mikið. Beri maður flatan lófann hægt og hægt með vatnsfletinum, svo hann snerti vatnið að eins, þá finnur maður lítið til, en ef maður gjörir það hart og títt, þá kennir maður sárt til. Það eru dæmi til þess, að menn hafa höggvið svo snarpt með sverði í vatn, að blaðið hefir brotnað. Ef byssukúlu er skotið mjög lítið skáhallt með vatnsfletinum, þá kastar það henni aptur á bak. —

Lengi hèldu menn, að hvorki vatnið nè nokkur annar lögur gæti gengið neitt saman. En þetta hefir á seinni tímum reynzt á annan veg, eins og margt annað. Þó verður vatninu ekki þrýst nema einúngis lítið eitt saman, og af því að það verður ekki nema með miklum umsvifum og margbrotnum tólum, þá þykir oss ekki gagn í að fara hèr að lýsa neinum þesskonar tilraunum. Einúngis viljum vèr geta þess, að náttúrufræðíngur Dana, *H. C. Örsted*, hefir fundið upp sèrstakt tól, til þess að sýna með því hvernig vatninu verður þrýst saman. *Culladon* og *Sturm* þykjast hafa reynt það, að 16 punda (= einföld andrúmslopts) þrýstíng á ferþumlúng vatnsflatarins þrýsti því saman um $\frac{1}{51}$ milliónasta part af þess upphaflega rúmi. En þegar þrýstíngunni lèttir af, þenst vatnið undir eins aptur út, eins og hver annar fjaðurmagnaður líkami.

Það er oss öllum kunnugt, að á vissu kuldastigi breytist vatnið í fastan líkama, sem vèr köllum klaka, eða ís. En hitt er, ef til vill, sumum ekki ljóst, að á sama augnabragði og vatnið frýs, þenst það skjótlega út, og það með fjarskalegu afli, sem hægast er að sjá af því, ef vatnið er þá í takmörkuðu rúmi eða afmörkuðu. Einusinni hellti einhver náttúrufræðíngurinn vatni í járnpípu nokkra, og lokaði svo opinu vandlega. Síðan lèt hann pípuna í kulda, og í sama augnabragði og vatnið fraus sprakk pípan í sundur. Sama hefir og jafnan komið upp, þegar menn hafa gjört slíkar tilraunir með fallbyssupípum eða ruslabyssuhólkum. Það er og mörgum kunnugt, að þegar vatn frýs í klettasprúngum eða rifum í trjám og eikum, þá springur það og rifnar, og bendir það allt til hins sama atriðis um vatnið. Enn kemur og þessi þensla fram við það, er vætan í jarðveginum frýs, því klakinn lyptir honum upp. Þess vegna er svo hætt við, að þær byggíngar, sem ekki eru teknar niður fyrir klaka svið, geggist vonum bráðara. En hvernig getur nú klakinn verið fyrirferðarmeiri, en vatnið ófrosið? — Úr þessari spurníngu er enn ekki búið að leysa með fullri vissu. Þegar vatnið frýs, þá myndast í því allt einir þræðir, sem með 60 til 120 mælistiga halla leggjast hverir við hliðina á öðrum. Það er auðráðið, að þessir þræðir geta ekki legið eins þètt saman og droparnir í þýða vatninu, og að margar smáholur hljóta að verða á milli þeirra, þegar þeir verða að samfeldum ís eða klaka, því vatnið fer meira eptir lögmáli kristallníngarinnar en samloðuninni,

þegar það frýs. Þetta er því líklega orsökin til þess, að það fer meira fyrir frosnu vatni en ófrosnu.

Því meiri, sem kuldinn er, þess harðari verður og klakinn. Við nyrðra heimskautið verður ísinn svo harður, að það er varla unnt að brjóta hann með sleggju. Vèr skulum segja frá einu dæmi uppá hörku eða styrkleika klakans.

Árið 1740 var frostavetur mikill. Katrín Rússadrottníng lèt þá smíða sèr höll úr ísnum á ánni *Newa*. Höllin var $52\frac{1}{2}$ fets laung, en á breidd var hún $16\frac{1}{2}$ fet, og 29 feta há. Ísinn var höggvinn til eins og tígulsteinn og veggirnir hlaðnir eptir sömu reglum og hafðar eru við steinbyggíngar. Stólar, borð, skápar, dragkistur, saumur, lyklar, rúður, o. s. frv., var allt úr gagnsæjum ís. Fyrir framan hallardyrnar voru skotfæri nokkur, og þar á meðal 6 fallbyssur úr klaka. Fallbyssunum var skotið og það þoldu þær, og er það eptirtektavert dæmi uppá styrkleika klakans og seigju. Fyrst voru þær hlaðnar með harðsnúnum hampkúlum, en síðan með járnkúlum, og svo sem hálf mörk af púðri höfð í skotið. En það er eptirtektavert, að í þessari íshöll var og baðstofa, og hún var nokkrum sinnum hituð, en það sakaði hana ekki. En þessi mikla snildarbyggíng stóð þó ekki nema 2 mánuði; þá kom dagvaxandi sólarhiti og sigraðist á listasmíð kuldans.

3.

ÞÝNGD VATNSINS.

Til þess að vita þýngd vatnsins þarf ekki annað, en vega tiltekinn mæli af því á skálavog. Kemur það þá upp, að einn teníngsþumlúngur af hreinsuðu vatni, sem er 15 stiga heitt á hitamæli Rèaumurs, vegur $1\frac{8}{9}$ lóðs.

1. Af þessu vatni einu vegur teníngsþuml. $1\frac{8}{9}$ lóðs. Vèr ætlum lesendum vorum að geta ráðið í það, hvers vegna að annað vatn, sem er óhreint og ýmislega öðruvísi á sig komið, vegur stundum meira og stundum minna. Hitamunur vatnsins á mikinn þátt í breytíngunum, sem orðið geta á þúnga þess, auk þess sem margt óviðkomandi, t. a. m. sandur o. s. frv., getur blandast saman við það og raskað þúnga þess.

2. Samkvæmt lögmáli þýngdarinnar leitar vatnið ætíð undan brekkunni; úr uppsprettunum rennur

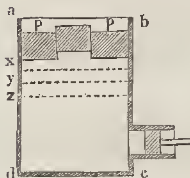
það í læki, úr lækjum í ár, og úr ám til hafs. — Vilji nokkur reyna að þekkja þýngd vatnsins á annan hátt, en hèr er sagður, þá er honum bezt að athuga, hversu miklu lítið vatnsmegn getur orkað, t. a. m. til þess, að hreifa þúngar og stórar vatnskvarnir, brjóta stýflugarða, róta um jarðvegi, o. s. frv.

4.

ÞRÝSTÍNG VATNSINS BÆÐI Á VATN OG SVO Á AÐRA LÍKAMI.

Hèr ríður manni á að hafa tvo eiginlegleika lagar í fersku minni, en það eru þýngd og samloðan. Þýngdin hefir, eins og fyr er á minnzt, sömu áhrif á legina og hina föstu líkami. Þar á móti er samloðanin sá eiginlegleiki, sem gjörir það, að löguriun er lögur, en hvorki fastur líkami nè lopt. Hún er einkunnagreinir líkamanna. Í kerinu *abcd* (í 48. mynd) skyldi vera vatn, sem væri innilokað á alla vegu. Botninn heldur að því að neðan, hliðarnar og gaflarnir að utan, en að ofanverðu lokið p, sem nákvæmlega fyllir út í kerið innanvert og liggur fast ofan í vatninu. Lokið skyldi þjappa vatninu saman eptir einhverjum vissum mæli, en vatnið sjálft skyldum vèr ímynda oss án þýngdar. Mundi þá vatnið þurfa að vera í kerinu til þess að geta verið í kyrð? Og hvernig mundu áhrif þúngans á lokinu (sem sjálft skyldi nú vera þúngalaust) verða á vatnið? — Það er auðsèð, að þegar eins stæði á og ráð er gjört fyrir í fyrri spurníngunni, þá mundi vatnið haldast í stöplinum, þó kerið væri ekki til þess að halda utan að því, og ekki mundi það þá fara niður úr kerinu, þó að gat væri á botni þess. En ef þúngi væri lagður á lokið p, þá yrði efsta lag vatnsins x að síga niður, ef y, sem er næsta lagið þar undir, hèldi því ekki upp. Eins og p þrýstir á x og x á y, eins þrýstir y á z og z aptur á næsta lag og svo hvert að öðru þángað til að botninn tekur við. Þrýstíngin er þess vegna eins mikil á botninn eins og lokið p lægi á honum með öllum sínum þúnga. Af þessu verður það þá bert: 1. Að þrýstíngin að ofan hefir

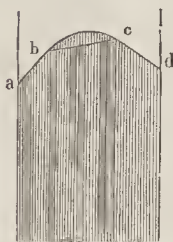
48. mynd.



óskert áhrif niður fyrir sig; — 2. að hún er jafnmikil á öllum stöðum í fletinum; — og 3. að hún er í hlutföllum (fer eptir) við flatarstærð þá, sem hún tekur yfir. Þetta á og við um hliðarnar og lokið. Væri gat á öðrumhvorum þeirra, þá mundi vatnið undir eins fara út um það, og ekki verða tálmað nema með einhverri mótspyrnu, og sú mótspyrna yrði að vera eins í samanburði við þrýstínguna á p, eins og flötur gatsins í samanburði við neðri flötinn á p (eins og gatstærð í samanburði við lokstærð). Þetta er í fám orðum: að þrýstíngin á flöt lagarins fer jafnt til allra hliða á lagarstöplinum, og á það við um alla legi, bæði lètta og þúnga.

En nú skulum vèr aptur snúa athuga vorum að vatninu í kerinu. Vatnsflöturinn er að ofanverðu öldúngis lárèttur, nema að því leyti, sem hliðarnar á kerinu trufla það dálítið með hárpípu-aðdrættinum, sem í þeim er. Þannig hlýtur það og að vera; því væri ekki stefna þýngdarinnar þverbein ofan á vatnsflötinn í kerinu, og hann væri t. a. m. eins og línan *abcd* sýnir, þá þyrfti ekki annað, en ímynda sèr hallanda lagðan í gegnum deplana *b* og *e*, og mundum vèr þá sjá, að vatnið leitaði fljótt undan brekkunni og jafnaði sig.

49. mynd.

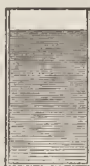


Eins er vatninu í hafinu og öllum vötnum háttað, að sèrhver dropi í fleti þess er jafnlángt burtu frá miðdepli jarðar, og þess vegna sýnist oss sá og sá blettur þess, sem vèr sjáum, vera flatur. Í raun og veru er hann þó ekki flatur, heldur er hann partur af þeim fjarska-stóra boga, sem jarðarhnötturinn myndar. En vèr skulum ekki tala meira um þetta efni að sinni, heldur láta oss nægja með vatnið í kerinu, og aðgæta hvernig að skuli fara til þess, að finna hvað mikil botnþrýstíng lagar (vatns) er, og hliðarþrýstíng.

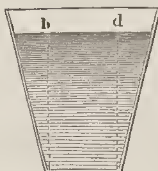
Hèr eru nú myndir af þrennskonar kerum. Hið fyrsta

(50. mynd) er jafn-vítt allt saman; hið annað (51. mynd) er víðast ofan en mjókkar allt af niður, og þriðja (52. mynd) er svipað flösku í laginu. Kerin eru öll nærri því barmafull með vatn. Vèr skulum fyrst athuga hið jafn-víða ker og reyna til

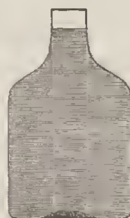
50. mynd.



51. mynd.



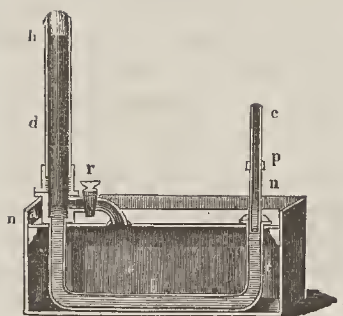
52. mynd.



að ákveða botnþrýstíngu vatnsins í því. Botnflöt þess skulum vèr kalla f^2, og hæð vatnsins í því skulum vèr kalla h. Botnþrýstíng vatnsins í þessu keri verður því að vera $f^2 \times h$, af því að hver dropi í öllu vatninu þrýstir á botninn. Í niðurmjóa kerinu er og botnþrýstíng vatnsins eins og þýngd þess vatnsstöpuls, sem á botninum stendur, og er það jafndigur upp úr. Þessi vatnsstöpull er í myndinni sýndur með tveimur strikum, sem eru dregin þverbeint niður á botnsjaðrana. — En nú er að athuga 52. mynd. Það er ef til vill ekki líklegt í fyrsta áliti, að botnþrýstíngin sè í slíku keri eins og í hinum tveimur fyrtöldu, eða $= f^2 \times h$ (því það var hún og í niðurmjóa kerinu), og þó er það svo. Til þess að skilja í þessu ber oss að athuga það tvennt: Að 1. er það auðsèð, að sá hluti botnflatarins, sem er beint niður undan stútnum á kerinu, og jafnstór honum, verður fyrir þrýstíngu þess vatnsstöpuls, sem stútvíddin ræður (sá stöpull er í myndinni markaður innan tveggja hvítra strika), og 2. að vatnsþrýstíngin (lagarþrýstíngin) breiðist jafnt út til allra hliða. — Botnþrýstíng lagar verður með fáum tólum gjörð eins áþreifanleg eins og með Paskalskerunum; þau eru með lausum botni, sem er haldið föstum með einhverjum vissum þúnga, og eptir þeim þúnga má ákveða afl botnþrýstíngarinnar.

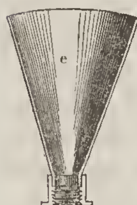
53. mynd er uppdráttur tóls nokkurs, sem berlega sýnir það, að botnþrýsting lagar fer ekki eptir löguninni á kerinu. Í tóli

53. mynd.



þessu er fyrst og fremst bogin pípa *a b c*, sem er fest niðri í dálitlum stokki, og þannig til búin, að við *a* má skrúfa ýmislega löguð ker ofan á hana. Þegar nota skal tól þetta er fyrst hellt kvikasilfri í pípuna, og hæð þess í pípuleggnum *c* mörkuð með því, að setja þar við hleypimerki, sem flytja má upp og ofan eptir leggnum. Kvikasilfurshæð þessa köllum vèr *n*. Að því búnu er sívala kerið *d* skrúfað ofan á pípuopið *a*, og þar í er hellt svo miklu vatni, að það nái einhverri vissri hæð, t. a. m. *h*. Því næst er gætt að kvikasilfrinu í pípuleggnum *c*, og sèst þá, að nú nær það upp að deplinum *p*. Síðan er kerið tæmt, með því að snúa frá hananum *r*, svo vatnið renni ofan í stokkinn, og kerin *e* (54. mynd), *f* (55. mynd) og *g* (56. mynd) eru tekin hvort eptir annað og skrúfuð á *a*, og fyllt svo með vatni, að vatnshæðin sè hin sama í öllum kerum og hún var í kerinu *d*. Kvikasilfurshæðin í pípuleggnum *c* er og í hvert skipti athuguð, og með því að það nær alltaf sömu hæðinni, eða markinu *p*, þá er það auðsèð: að botnþrýstíng lagar (vatns) fer ekki neitt eptir lögun kersins, heldur botnvídd þess og hæð, og eðli lagarins. Hvað mikið afl mundi nú þurfa til þess, að halda bullunni í dælu (*Pumpe*) þeirri, sem 57. mynd sýnir, kyrri við *a b*, þegar vatnið nær upp að *c* í mjóu pípunni, eða til þess að draga hana upp? — Eptir því, sem áður hefir verið sýnt, þarf þetta afl að vera eins mikið, eins

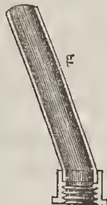
54. mynd.



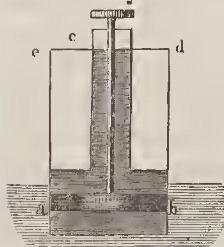
55. mynd.



56. mynd.



57. mynd.



og að allt rúmið *abde* væri fullt með vatn, og það vatn allt saman þrýsti á bulluhöfuðið.

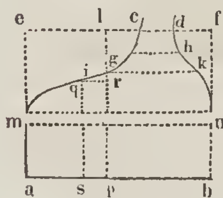
Til þess að sanna það, að lögurinn þrýstir ekki á botninn einúngis, heldur og til allra hliða, þarf ekki annað, en að ímynda sèr, að öllum leginum í kerinu í 58. mynd sè skipt í sundur samhliða yfirborðinu *ndcu*. Allur efri hluti lagarins þrýstir þá ofan á hinn neðri. Vèr skulum ímynda oss, að á milli efra og neðra hluta lagarins í kerinu liggi vatnslag eitt, og að þrýstíng efra hlutans ofan á það geti ekki komið því neitt niður. Þá er auðsèð, að neðri hluti lagarins þrýstir eða spyrnir eins mikið upp undir þetta lag eins og efri hlutinn þrýstir ofan á það. Vèr skulum athuga kaflann *ab* af þessu millumlagi og þá er víst, að neðan að spyrnir eins mikið afl móti *ab*, eins og vatnsstöpullinn *dabc* er þúngur. Af þessu má ráða, að væri *dabc* t. a. m. glerpípa, sem sökkt væri ofan í vatnið í kerinu, þá yrði þrýstíng lagarins innan og utan á botn hennar jöfn. — Ef það kæmi t. a. m. gat á botn í skipi, hvað þyrfti þá mikið afl til þess að varna sjónum að komast inn um það? — Það þarf einmitt eins mikið afl til þess, eins og jafnt er þúnga þess vatnsstöpuls, er stæði á jafn-stórum botni og gatið er vítt, og væri eins hár og gatið er lángt fyrir neðan sjáfarflöt, og allur jafn-digur upp úr og niður úr. Það er því auðráðið, að botn í stórum skipum þarf að vera mjög rammgjör, til þess að þola sjáfarþrýstínguna að neðan. Svo er það og auðskilið, að lagardýr þau, sem von eru að vera djúpt niðri í sjónum, verða að þola ærna þrýstíngu, þar sem vatnið liggur hvervetna utan að þeim með öllum sínum þúnga.

58. mynd.



En nú skulum vèr athuga hið annað aðalatriði í þrýstíngu lagar, en það er, hvað mikil hliðarþrýstíngin er og hvernig henni er háttað. 59. mynd skyldi vera uppdráttur af keri, sem allt væri með smágötum á hliðunum, sumum ofar, en sumum neðar. Þegar búið er að stínga töppum í öll götin, þá er kerið fyllt með vatni, og síðan er öllum töppunum kippt úr í einu og svo skjótt, sem kostur er á; ryðst þá vatnið út um götin, og

59. mynd.

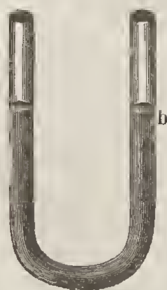


það því ákafar, sem þau eru nær botninum, og því hærra sem vatnið nær upp yfir þau. Þetta atvik sýnir berlega: 1. að vatnið þrýstir út frá sèr á hliðar kersins, og 2. að þessi hliðarþrýstíng er því meiri, sem neðar er í vatninu. Vèr skulum nú aptur athuga myndina og einkum *mn* í henni, sem vèr skulum ímynda oss að væri lárètt vatnslag nokkurt. Þrýstíngin á það er eins og að *mefn* væri einn vatnsstöpull; hæð hans yrði *em*. Með því að lagarþrýstíngin er jöfn á alla vegu, svo hlýtur hún og að vera jafnmikil á hverjum jafnstórum bletti á hliðum kersins á hverri vissri hæð. Vèr skyldum kalla dálítinn blett af hliðarfleti kersins g^2, og hæðina á vatnsstöplinum þar fyrir ofan h; $g^2 \times h$ yrði þá hliðarþrýstíng vatnsins á þenna blett. En til hvers eru strikin *cd*, *gh* og *ik* í myndinni? — Hvernig skyldi nú þrýstíngin verða í vatnsgryfju þeirri, sem væri 100 feta laung og 5 feta djúpt vatn í? — (Teníngsfetið af vatninu skyldi vera 66 punda þúngt).

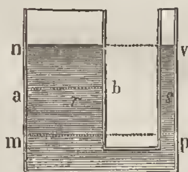
Þessu næst skulum vèr gæta að því, hvort að þau skilyrði, sem nú hefir verið minnzt á fyrir jafnvægi lagar, gilda eins fyrir það, þó lögurinn sè í fleirum kerum en einu, þegar samgánga er á milli þeirra. Þesskonar ker eru kölluð samgaungu-ker.

Fyrst er hèr bogin pípa með tveimur jafnvíðum leggjum (60. mynd) *a* og *b*. Pípa þessi er opin í báða enda og í hana er nú hellt svo miklu vatni sem vill, og það verður eins og áður, að vatnið (eða hver lögur sem er) kemst ekki fyr í kyrð, en það nær sömu hæð í báðum pípuleggjunum. Nú tökum vèr þá tvær pípur misvíðar, *r* og *s*, sem hafa samgaungu að neðanverðu, eins og 61. mynd sýnir. Hèr kemur enn sama fram og

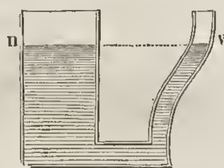
60. mynd.



61. mynd.



62. mynd.



áður, að lögurinn kemst þá fyrst í kyrð, þegar hann er búinn að ná sömu hæð í báðum pípunum. Eins fer þó önnurhvor eða báðar pípurnar sè bognar, eins og er í 62. mynd, að lögurinn þarf að ná sömu hæð í þeim báðum til þess að komast í kyrð, eða ná jafnvægi sínu. Vèr skulum ímynda oss, að í víðari pípunni í 61. mynd sè botn nokkur við depilinn *m*, og eru þá kerin eða pípurnar orðnar tvær. Þegar vèr köllum flatarstærð þessa botns *B* og hæðina (*p v*) *h*, þá verður lagarspyrnan upp undir botninn $= B \times h$. Nú skyldi *a b* vera yfirborð lagarins í víðari pípunni og hæðina *a m* skyldum vèr þá kalla *h*; þá væri þrýstíngin ofan á botninn $= B \times h'$. Væri nú ekki botn þessi til, þá yrði vatnslagið, sem kæmi í hans stað, að verða fyrir sömu þrýstíngu, eða *B h* að neðan og *B h'* að ofan. Hèr af leiðir þá: að jafnvægi lagar í samgaungukerum er bundið því skilyrði, að *h* sè jafnt *h'* eða að vatnið sè jafnhátt í báðum kerunum.

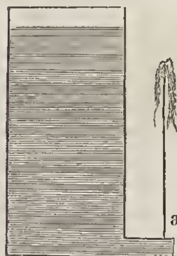
Ef vèr hefðum samgaunguker, eins lagað og 63. mynd sýnir, og helltum fyrst í það kvikasilfri, svo það næði t. a. m. upp að strikinu *g h*, og svo væri hellt vatni í víðara kerið, þá hækkaði kvikasilfrið í mjóu pípunni. Hèr ber þess einkum að gæta, að þessi litli kvikasilfursstólpi heldur jafnvægi á hinum miklu stærra vatnsstöpli, og kemur það af þèttleikanum eða þýngdarmun beggja laganna. Það verður seinna sýnt í þessari bók, að lagarhæðirnar eru í öfugum hlutföllum við efnisþýngdir þeirra (ɔ: laganna); því þó að lögmálsgrein þessi eigi hèr að öllu leyti heima, verður hún þó ekki að fullu skiljanleg fyrir lesendur vora, fyr en vèr erum búnir að tala um hvað efnisþýngd eða efnisþúngi sè.

63. mynd.



Pípan sem hèr er dregin upp (í 64. mynd) er hinum fyrri frábrugðin að því leyti, að það vantar annan legginn á hana. Opið *a* er byrgt á meðan að lögurinn er látinn í pípuna, svo að hann fari ekki út um það fyr en menn vilja. Þegar þessu opi er síðan lokið upp, þá spýtist lögurinn upp um það, og fer nærri því eins hátt og kerið er. Hèr er nú kerið látið vera

64. mynd.



10 eða 12 sinnum víðara, en opið *a*, og það verður og að vera svo, til þess að vatnið buni upp í loptið, — því það er engin tilviljun. Lopts- og núníngsfyrirstaðan eru orsök til þess, að vatnsbunan getur ekki orðið jafnhá kerinu með öllu, eða jafnhá vatninu í því. Hin mesta hæð hennar getur aldrei orðið meiri, en $\frac{9}{10}$ af vatnshæðinni.

Þeir sem vel eru orðnir kunnugir botns- og hliðarþrýstíngu lagar, eiga hægt að skilja í því, að ekki þarf stórt högg ofan á tappa í fullri flösku, til þess að hún sprúngi, — eða í því, að þar sem vötn eða ár eru í lausri jörðu eða sendinni, þar verður optastnær vatn fyrir í kríng ef niður er grafið, og það á jafnri hæð og yfirborð vatnsins í ánni eða tjörninni er, — að skip, sem hefir sokkið mjög djúpt í sjó niður, verður sjaldan jafngott og varla nýtandi framar, því að það er þá orðið vatnsósa, og þýngra í sèr en það átti að sèr eptir eðli sínu, — að stíflugarðar þurfa að vera mjög rammgjörfir að neðan, til þess að þeir geti staðið, o. s. frv.

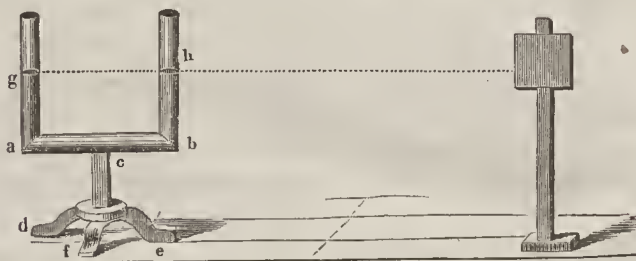
5.

HELZTU VERKFÆRI, SEM EIGA RÓT SÍNA Í ÞRÝSTÍNGU LAGAR.

a. HAFJAFNAMÆLIRINN.

Í hafjafnamælinum er optastnær bein pjáturpípa *ab* (65. mynd), sem er lárètt á þrífætinum *cdef*, en á báðum endum

65. mynd.



hennar eru glerpípur, sem standa beint upp í loptið. Með því að legir vilja ætíð ná jafnri hæð í öllum samgaungukerum, þá þarf nú ekki annað, en hella vatni í aðra hvorja pípuna, til þess

að fá hafjafna eða lárètta línu t. a. m. *gh*, ef lögurinn næði svo hátt upp eptir pípunum. Eptir þessari línu er nú miðað á þann stað, sem mæla skal, og er hægt að sjá það, að verkfæri þetta er bæði auðvelt og þarft. Þegar depillinn, sem á er miðað, er lángt í burtu, þá er opt nauðsyn að hafa sjónpípu á tóli þessu.

b. BLÖÐRUHEFJANDINN (*ANATOMISK HÆVERT*).

Blöðruhefjandinn er búinn til úr lágu keri krínglóttu *fdce* (66. mynd), og svo sem tveggja feta lángri pjáturpípu *ab*. Ofan yfir opið á hinu lága keri er bundin ný blaðra. Pípunni og kerinu er þannig fyrir komið, að samgánga er á milli þeirra, eins og myndin sýnir. Sè nú pjáturpípan hellt barmafull af vatni, þá verður sú breytíng á blöðrunni, að hún þenst upp eins og kúfur, í stað þess, að þegar hún var bundin yfir kerið, var hún lárèttur eða beinn flötur yfir opi þess. Þessi kúfþensla blöðrunnar sýnir nú hvorttveggja samt, þrýstíngu lagarins og nytsemi blöðruhefjandans: því vilji maður rannsaka hina smágjörfu parta í skinninu, eða einhverjum þesskonar líkama, þá er það bundið yfir kerið í stað blöðrunnar, og við þenslu þess tognar svo á því, að það er hægt að greina þræði og taugar, sem annars væri ósjáanlegar með berum augum. Við slíkar tilraunir þarf og má ekki ætíð fylla pípuna, heldur er þá látið svo mikið í hana sem þurfa þykir í hvert skipti. Hafi maður tól þetta, má og gjöra lagarþrýstínguna sjáanlega á enn auðveldari hátt og skemtilegri, en það er með því, að stínga allt ein smágöt með nálaroddi á blöðruna, þegar kúfþensla hennar er sem mest: þá bunar vatnið upp, nærri því jafnhátt pípuleggnum.

66. mynd.



a. VATNSÞRÝSTÍNGARBELGURINN (*HYDROSTATISK BLÆSEBÆLG*).

Vatnsþrýstíngarbelgurinn er sýndur í 67. myndinni. *cd* og *ef* eru fjalir tvær eða málmflögur, sem eru 1 eða 2 ferfet á

67. mynd.



stærð. það eru belgjarfjalirnar, og vatnshelt skinn eða leður neglt á randir þeirra, líkt og á smiðjubelgjum er, og hefir það á þessum belg líka þýðíngu og á þeim. *ab* er 5 eða 6 feta laung pípa, örmjó, hún stendur þverbeint upp og liggur neðri endi hennar inn í neðri belgjarfjölina og inn í belginn, eins og myndin sýnir. Sè nú vatni hellt í pípuna, rennur það inn í belginn og lyptir upp efri belgjarfjölinni, og það þó að á henni sè 3 tíufjórðúngavættir (eins og ráð er fyrir gjört í myndinni), eða þó að maður stæði ofan á henni. — Vatnsstöpulsvèlin, sem íþróttameistari *Höll* í Kemnitz á Úngverjalandi hefir búið til, fær hreifíngu sína frá slíkri lagarþrýstíngu, sem hèr kemur fram, og svo er hún aptur látin hreifa ymsar aðrar vèlar og tól, t. a. m. dælur, o. s. frv.

d. GOSBRUNNARNIR.

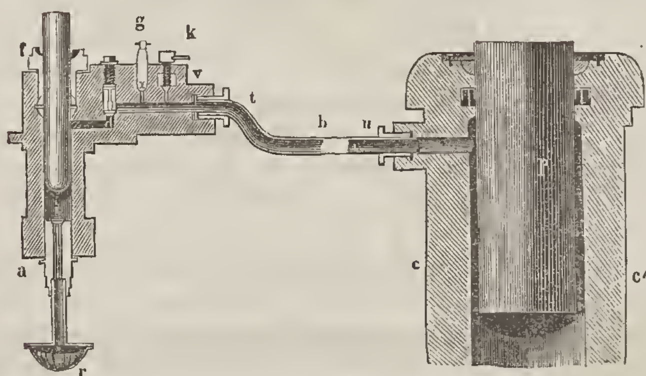
það er enginn galdur að búa til gosbrunn, þegar hagaulega stendur á landslagi og vatni. Væri t. a. m. tjörn eða ker uppi á hæð nokkurri, þá þarf ekki annað en leiða vatnið eptir pípu niður á annan lægri stað, og láta pípuendann þar beygjast þverbeint upp í loptið. Vatnið rennur þá eptir pípunni og spýtist að lokunum upp um op hennar, það er upp stendur, og þetta kalla menn gosbrunn. Víða mundi það lítið kosta að koma þeim við á Íslandi, og þó munu slíkir gosbrunnar ekki vera þar nokkurstaðar. Í öðrum löndum eru þeir allvíða. Ekki eru þeir raunar allir búnir til á þann hátt, sem hèr var sagt, og verður síðar í bókinni minnzt á aðrar tegundir þeirra.

e. VATNSÞRÝSTÍNGARVÈLIN (*HYDRAULISK MASKINE*).

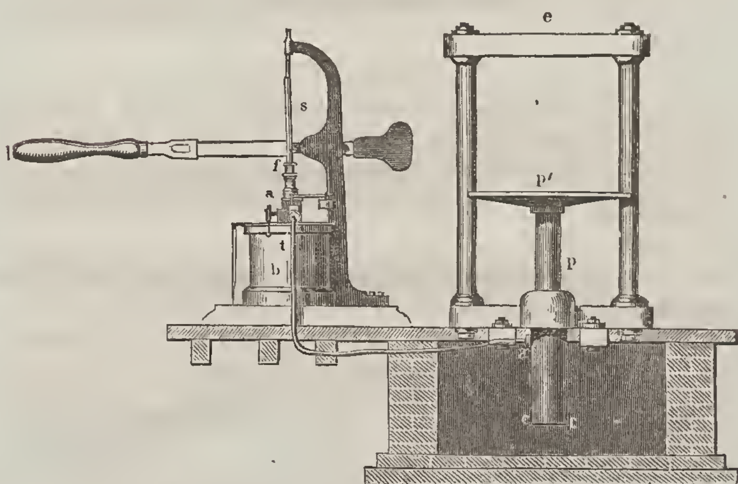
Á seinni tímum eru menn farnir að nota vatnsþrýstíngarvèlina til ýmislegra starfa, og er það helzti kosturinn við hana, að á stuttum vegi hefir hún afar mikið þrýstíngarmegn. Helztu partar hennar eru dæla ein, og sterk járnpípa með bullu í. Dælunni verður síðar lýst nákvæmar, en það er hún sem hèr ollir þrýstíngunni; járnpípan tekur einsog við þrýstíngunni, og flytur

hana á líkama þann, sem til er ætlað. Hèr eru tvær myndir (68. og 69.) sem eiga að gefa lesendum vorum hugmynd um

68. mynd.



69. mynd.



þessa vèl. 68. myndin sýnir innan í hana, eða er, eins og menn segja, þverskurðarmynd, þar sem 69. myndin er útlitsmynd hennar eptir mínkuðum mæli. Vèr verðum að hafa augun á báðum þessum myndum, til þess að skilja í því sem hèr verður sagt. Með einörmuðu vogarstaunginni *l* er dælubullunni *s* lypt upp, sogast þá vatnið úr kerinu *b* í gegnum síuna *r* og upp um blöðku-lokið (hanann) *i*, sem þá lýkst upp. Síðan er bullunni ýtt

niður aptur, og af því að vatnið kemst ekki til baka niður í kerið *b*, vegna þess, að blöðkulokið *i* leggst þá aptur, þá hlýtur vatnið, sem undir bullunni er og hún þrýstir ofan á, að leita sèr annars undanfæris, og það finnur það við *d*. Vatnið rennur þá eptir pípunni *t b u* og inn í járnpípuna *c c*. Loptinu úr *c c* er og hleypt út um þar til ætlaðan hana, sem snúið verður frá og fyrir eptir þörfum. Vatnið vex nú í járnpípunni *c c* við hvern bulludrátt, og þrýstist allt af meira og meira saman inn í hana, þángað til að það loksins lyptir upp málmbullunni *p*, og þá um leið borðinu *p'*, sem ofan á henni liggur. Það er nú auðskilið, að þrýstíngin lendir nú á þeim líkama, sem liggur á milli *p'* og *e*, og því meiri er þrýstíngin, sem *p'* færist nær *e*. Haninn *g* er kallaður varúðarhani, því hann lýkst þá fyrst upp af sjálfu sèr, þegar þrýstíngin er orðin svo mikil sem vèlin þolir hana mesta. Að lyktum ætlum vèr að segja frá einu dæmi uppá það, hvað ákaflega mikið þrýstíngarmegn þessarar vèlar getur verið.

Ef 50 punda afli er beitt á vogarstaungina *l* og fjarlægð aflsins frá veltuási stángarinnar er 30 þumlúngar, en fjarlægð þúngans er 3 þumlúngar frá honum, þá verður þrýstíngin á dælubulluna 500 pund: því vogarstaungin er misörmuð, og er lengri armurinn 30, en hinn styttri 3 þumlúnga lángur. Ef að þvermál dælubullunnar *s* væri $\frac{1}{20}$ af þvermáli bullunnar *p*, þá verður þrýstíngin, sem *p* gjörir á líkamann, 400 sinnum 500, eða 200,000 pund: því að fertalan af 20 er 400 ($20^2 = 400$).

Ef vèr vissum, að það þætti ekki með öllu óviðkomandi, þá skyldum vèr nú minnast á hina boruðu gosbrunna (Artesíubrunnana; — *artesiske Brönde*) o. s. frv. En um leið og vèr sleppum því, minnumst vèr á hitt, að margir hinir undrunarverðustu náttúruviðburðir eiga rót sína beinlínis í þrýstíngu vatnsins (lagarþrýstíngunni).

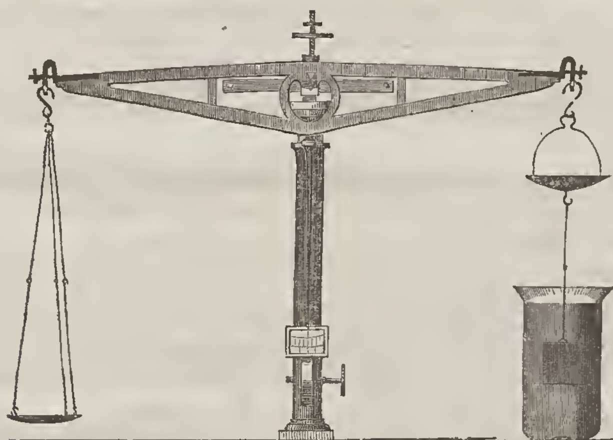
Það hefir stundum borið við, að vatnið hefir sópað burtu heilum húsum, skógum, bæjum og borgum, og að þar eru nú komin hyldýpis vötn og vikur, sem áður voru fegurstu ekrur og blómlegasta bygð. Hvernig ætla standi á þessu? — Innan í fjöllunum á vatnið sèr opt og einatt leynigaung mörg og raufar, sem það rennur um, unz það dregur sig saman í gjótum og gryfjum djúpt niðri í jörðinni; verður það þá opt, að þessar vatnsgryfjur valda jarðföllum miklum, sem í einni svipan geta fyrirfarið ærnum fjölda manna og dýra. Eða er það ekki auðsèð, að

þegar hinn litli vatnsþrýstíngarbelgur getur lypt svo ærnum þúnga, eins og fyr er á minnzt, þá muni þessi hin miklu vatnsmögn niðri í jörðunni geta fyrirfarið öllu, sem ofan á þeim er, eða að minnsta kosti hrist það og skakið með þrýstíngarafli sínu.

6.
JAFNVÆGI LÍKAMA Í VATNI.

70. myndin er uppdráttur af skálavog. Hún er í því frábrugðin algengum skálavogum, að neðan í annari skálinni er krókur.

70. mynd.

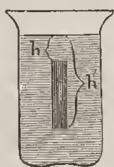


Á þenna krók er hengdur sá þúngi, sem hentugastur þykir. Vèr skyldum t. a. m. hafa einn teníngsþumlúng af blýi, og hengja hann á krókinn, en láta síðan svo mörg lóð á hina skálina, sem á þyrfti að halda til þess að jafnvægi yrði á voginni. Þegar þetta er búið, tökum vèr vatnsker nokkurt og setjum það á þann veg undir skálina, sem lóðið hángir neðan í, að teníngurinn sè niðri í vatninu og allur í kafi. Nú sígur þá sú skálin, sem lóðin eru á, og er þá auðsèð, að hin skálin hefir lèttzt, og þó var engu raskað á skálunum. Þetta fer öldúngis eins, hvaða líkami sem á krókinn er hengdur. Vatnið lèttir undir hann. Þannig finnum vèr t. a. m. hvað steinninn er lèttur upptaks í vatninu, á meðan hann kemst ekki upp yfir yfirborð þess, eða skjólan, sem sökkt er í brunninn. — Það er nú auðráðið, að til þess að koma jafnvæginu á skálarnar aptur (í dæminu, sem vèr tókum oss), þarf ekki annað

en lètta svo eða svo mikið á skálinni, sem lóðin eru á, kemur það þá fram, að blýteningurinn hefir lèttzt um $1\frac{2}{9}$ úr lóði, eða það, sem einn teníngsþumlúngur af hreinu vatni vegur. Sèst það þá af þessu dæmi, að líkaminn lèttist um eins mikið í vatni (eða legi) eins og það vatn vegur, sem hann rýmir frá sèr. Þessi regla gildir um alla líkami.

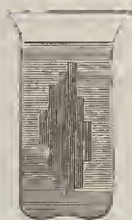
Í 71. myndinni er gjört ráð fyrir því, að strendíngi nokkrum sè sökkt þverbeint á endann ofan í vatn. Þrýstíng vatnsins á eina af hliðum hans er jöfn þrýstíngu þess á hina hliðina. Vatnið þrýstir, því er það, öllumegin jafnfast utan að hliðum strendíngsins, svo að hann hreifist ekki til nè frá í vatninu, og þessara þrýstínga gætir ekki, heldur en þær væri ekki til. Þrýstíng vatnsins ofan á endann á jafndigrum strendíngi fer eptir hæð (*h*) vatnsstöpuls þess, sem ofan á honum er og honum jafndigur. Þrýstíng eða spyrna vatnsins upp undir neðri enda strendíngsins er eins og þúngi þess vatnsstöpuls, sem hefir hæðina *h'* og er jafndigur strendíngnum. Munurinn á *h* og *h'* er einmitt hæð strendíngsins. Af þessu vonum vèr að lesendunum verði það ljóst, að þrýstíng vatnsins upp undir strendínginn er eins miklu meiri, en þrýstíngin ofan á efri enda hans, eins og þúngi þess vatnsstólpa er, sem er nákvæmlega jafn strendíngnum að stærð. En það er einmitt þessi yfirburður þrýstíngarinnar upp undir líkamann, sem þúngi líkamans beitir sèr á; þess vegna hlýtur líkaminn að missa svo mikið af þúnga sínum (lèttast) í vatni eða hverjum legi sem er, eins og jafnstærð hans af vatninu eða leginum er þúng.

71. mynd.



Þannig er það um einfaldan strendíng, og eins er það þó að strendíngarnir sè 2, 3 eða fleiri saman, eins og ráð er gjört fyrir í 72. mynd. Þar eru margir strendíngar bundnir saman í knippi. Sönnunin fyrir þessu atriði er mjög hæg, því af því að hver einstakur strendíngur lèttist í legi um þúnga þess lagar, sem hann rýmir burtu (sem er jafn-fyrirferðarmikill og hann), þá hljóta þeir allir saman að lèttast

72. mynd.

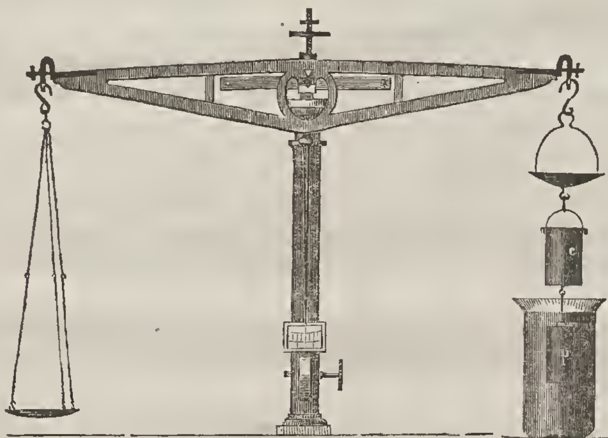


um það, sem jafnrými allra þeirra af leginum er þúngt. — Til þess að sjá, að þetta geti átt við um hvern líkama sem er, þarf ekki annað en ímynda sèr, að allir eða flestallir líkamir sè í raun og veru knippi af svo eða svo mörgum strendíngum, líkt og það í 72. mynd.

Lögmál það, sem hèr hefir verið tekið fram, um lètti líkama í vatni, er kallað Arkímedes-lögmál, af því að hinn frægi Arkímedes í Sýrakúsu uppgötvaði það fyrstur manna. Vèr skulum enn lýsa tilraun nokkurri, sem mjög er vel fallin til þess að skýra þetta atriði.

Í 73. mynd eru tveir sívalníngar, *c* og *p*. Sívalníngurinn *c* er úr látúni og holur innan. Sívalníngurinn *p* er og úr málmi,

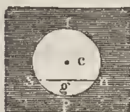
73. mynd.

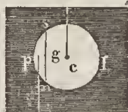


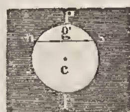
en ekki er hann holur. Hann er ekki stærri en það, að hann kemst innan í hinn, og fellur nákvæmlega út í hann. Latúnssívalníngurinn *c* er hengdur á krókinn í skálinni, og *p* þar neðan í. Á hina skálina eru síðan látin svo mörg lóð, að vogin komist í jafnvægi. Þar næst er sívalníngurinn *p* látinn hánga niðri í vatni, svo að hann sè í kafi. Sígur þá skálin með lóðunum á niður, en nú er ekki lètt á henni eins og áður var gjört, heldur er hinn holi sívalníngur *c* hægt og hægt fylltur með vatn. Þegar hann er orðinn barmafullur, þá er og jafnvægið aptur komið á

vogina, af því að vatnið í hola sívalníngnum er jafn-fyrirferðarmikið og hinn sívalníngurinn.

Vèr skyldum nú hafa kúlu nokkra, eins og myndirnar, sem hèr eru, gjöra ráð fyrir. Kúlan *lspn* ætti að vera úr korki og blýi: *lsn* skyldi vera kork, en *spn* skyldi vera blý. Kúlan skyldi vega öldúngis jafnmikið og jafnrými hennar af vatni. Sè nú þúngamiðja kúlunnar *g* í sömu þverbeinu línunni og þúngamiðja þess vatns, sem hún rýmdi frá sèr, *c*, og þar að auki fyrir neðan hana, þá liggur hún kyr í vatninu (leginum), eða er í stöðugu jafnvægi, einsog menn eru vanir að orða það. Þetta er sýnt í 74. mynd *a*. Í 74. mynd *c* eru enn báðar þúngamiðjurnar *g* og

74. mynd *a*.


74. mynd *b*.


74. mynd *c*.


c í sömu þverbeinu stefnunni, en *g* er þar fyrir ofan *c* og jafnvægi kúlunnar er óstöðugt, því í þessu horfi getur hún mjög skamma stund legið. Sè nú kúlunni snúið í þá legu, sem 74. mynd *b* sýnir, þá veltur hún óðara og kemst ekki í kyrð fyr en hún liggur eins og sýnt er í 74. mynd *a*. Við þessar athuganir verður manni ósjálfrátt að hugsa til þess, að líkamir fljóta, og skulum vèr nú fara um það atriði nokkrum orðum.

Reynslan sýnir, að líkamir geta ekki flotið hvernig sem þeir eru látnir snúa niðri í vatninu, þó þeir sè annars nógu djúpt niðri í því. Til þess að geta sèð ástæðuna til þessa, verðum vèr að athuga: 1. þúngamiðju líkamans og 2. þúngamiðju vatns þess (eða lagar), sem líkaminn eins og rýmir frá sèr. Þúngamiðja líkamans er, eins og áður hefir sýnt verið, alltaf á sama stað, en þúngamiðja hins burtrýmda vatns er komin undir breytíngum þeim, sem verða kunna á legu líkamans, sem niðri í vatninu er. Þegar þúngamiðja líkamans er þverbeint niður undan þúngamiðju hins burtrýmda vatns, þá flýtur líkaminn svo vel, sem unnt er. (Dæmi uppá þetta er t. a. m. hlaðið skip). Ef þúngamiðjurnar eru þar á móti ekki báðar í sömu þverbeinu stefnunni, þá getur líkaminn öldúngis ekki flotið. Það sem oss að öðru leyti ber að

setja á oss um líkami þá, sem fljóta, eða við jafnvægi líkama í legi, skulum vèr nú taka saman í 6 atriðisgreinir:

1. Sèrhver líkami sökkur svo djúpt niður í lög þann, sem hann flýtur í, eins og hann þarf til þess að rýma burtu jafnvægi sínu af leginum, því þá verður þrýstíngin (lagarspyrnan) upp á við jöfn þrýstíngunni ofan að niður á við. Þegar vèr þess vegna vitum: a) stærðina á þeim hluta líkamans, sem niðri í leginum er, og b) þúnga eins teníngsfets af leginum, þá á oss ekki að veita það örðugt, að finna með reikníngi þúnga þess líkama, sem flýtur.

2. Það lítur svo út, eins og fiskar og önnur lagardýr sè í jafnvægi við lög þann, sem þau lifa í, því hvorki sökkva þau nè fljóta ofan á. Þau virðast að vera öldúngis jafnþúng vatni því, sem þau rýma frá sèr. Sundblaðra fiskanna er mjög með ýmsum hætti, og nota þeir hana til þess, að geta verið svo ofarlega eða neðarlega í leginum, sem þeir vilja. Þó liggur sundblaðran í öllum fiskum á þann hátt, að efri hlutinn af líkama þeirra er lèttari, en hinn neðri. Blaðran sjálf gengur sundur og saman, eptir því hvað mikil eða lítil áhrif að þeir vöðvar, sem næst henni liggja, hafa á hana í hvert skipti.

3. Enskur maður nokkur, *Robertson* að nafni, lèt einu sinni 10 menn fara hvern eptir annan ofan í ker eitt, sem hann hafði fyllt með vatn. Kerinu var þannig háttað, að vatnið, sem hver maður rýmdi frá sèr, fór ekki til spillis, og *Robertson* vóg það nákvæmlega. Komst hann þá að því, að einn af þessum tíu mönnum einúngis var þýngri en jafnrými hans af vatninu; hinir allir voru þar á móti lèttari. Af þessu verður það nú ljóst:

a) Að töluvert færri menn mundu drukkna í vatni og sjó, en nú er, ef það kæmi ekki óráð á þá, og þeir gæti varast að láta nokkuð af leginum fara ofan í sig (drekka), og væri ekki að baða höndunum upp úr vatninu. Það er einmitt þetta stillíngarleysi, sem flestum þeim verður að bana, sem í vatni drukkna. Sá sem kemst í lífsháska í sjó eða vatni á því að reyna að liggja á bakið, og beygja höfuðið dálítið aptur á bak, svo að nefið beri hæst á andlitinu. Hann skal og þenja út brjóstið, sem bezt hann getur, og blása út á sèr kinnarnar og halda bæði höndum og fótum í kafi og rètta þá vel út frá sèr. Takist manni að koma sèr þannig fyrir og vera óhræddur, þá getur maður lengi flotið á vatninu, og fengið þar hjálp, sem hún væri annars ófáanleg.

b) Að það þarf lítið afl til þess að lypta manni, sem í vatni liggur, upp undir yfirborð þess, því þar þarf ekki að beita aflinu á annað en þúnga-mun líkamans og vatnsins, eins og ljóst er af Arkímedes-lögmálinu. þessi þúngamunur er stundum varla 2 merkur á heilum mannslíkama. það eru því engin undur, þó að hundar, sem varla mundu hafa afl til að hreifa mann á þuru landi, hafi svo opt bjargað mönnum, sem í vatn hafa dottið.

c) Að drukknuðum manni skýtur upp aptur eptir nokkra daga, ef hann hefir ekki orðið fastur á neinu niðri í vatninu. Hjátrúin hefir tekið þetta eins og kraptaverk og haldið að vatnið hefði í sèr ýmisleg hulin öfl, sem það drægi suma að sèr, en hryndi aptur öðrum frá sèr með. Og þó virðist þetta mjög auðskilið, því það kemur af, að líkami hins dauða verður fyrirferðarmeiri við það, er hann tekur að bólgna upp og rotna.

4. Til eru þeir líkamir, sem svo eru lagaðir, að þeir fljóta í hverri legu sem er. þannig er t. a. m. kúlunni varið og að nokkru leyti teníngnum. Sè efnið í kúlunni eða teníngnum allstaðar eins, og öldúngis sama eðlis, þá er þúngamiðjan í miðdepli þeirra.

5. Ekki þarf efni líkamans ætíð að vera lèttara en löгurinn, sem hann á að fljóta í, til þess að hann geti flotið; því að líkaminn geti flotið er einúngis komið undir því, að hann sè lèttari en jafnrými hans af leginum er. þannig syndir t. a. m. hol járnkúla á vatni, og vita þó allir, að efni hennar (járnið) er þýngra en vatnið. Af þessu kemur það, að menn geta fyrirfram vitað hvað mikið það eða það skip geti borið. Menn reikna þá vandlega út teníngsrúm það, sem er á milli línu þeirrar, sem skipið sökkur upp að, á meðan það er tómt, og þeirrar línu, sem það má mest sökkva til. Væri þetta rúm t. a. m. 5000 teníngsfet, þá er vant að ætla skipinu 5000 sinnum 66 pund eða 3000 tíufjórðúngavættir (66 pund er þúngi eins teníngsfets af sjóvatni).

6. það má og festa svo saman þúnga líkami og lètta, að hinir þúngu líkamir fljóti, þegar svo er, að þúngi beggja líkamanna saman er minni en þúngi jafnrýmis beggja þeirra af leginum. þetta sèst meðal annars af broddstaf, sem flýtur í vatni. Broddurinn gæti ekki flotið einn saman, en trèð er þar hinn lètti líkami, sem heldur broddinum upp.

það á hèr við, að minnast á eina grein hjátrúarinnar í fornöld, sem olli mörgum saklausum manni bana, og svo var rík hjá þjóðunum, að enginn var svo voldugur höfðíngi, að hann yrði ekki

að lúta henni. Vèr eigum við hina heimskulegu galdratrú. það þurfti ekki annað, en að vera rauðeygður, sambrýndur, eða eitthvað dálítið frábrugðinn öðrum í vexti, til þess að verða sakaður um fèlagskap við djöfulinn eða einhverja af hans illu árum, og var þá optastnær siður að dæma hinn ákærða til þess að þola hið svo kallaða vatnspróf. Maðurinn var þá að mestu leyti afklæddur og þumalfíngurnir bundnir á víxl við þumaltærnar (hægri og vinstri — vinstri og hægri saman) og síðan varpað í vatn. þeir einir, sem þá sukku til botns, voru nú dæmdir saklausir, hinir voru allir álitnir sekir, og tafarlaust færðir á bálið. Með þessum hætti var nú sjaldan einn af tíu ákærðum dæmdur saklaus, því það þótti óbrigðult fjölkýngismerki ef maðurinn flaut. þessir galdradómar voru mestir á 16. og 17. öld. það eru til áreiðanlegar sögur um, að milli 1569 og 1598 voru meir en 30 slíkir galdramenn brenndir í Kvedlinborg á þjóðverjalandi. *Ramigius* sem var í þjónustu hertogans í *Lothringen*, seldi rúm 900 galdramanna á bálið á 15 árum (1580—1595). það getur ekki hjá því farið, að hvern óspilltan mann hrylli við að hugsa til slíkra skelfíngarverka. þeir menn eiga því mikla þökk skilið, sem eyddu bæði þessari villu sinna tíma og margri annari slíkri, eins og t. a. m. *Balthazar Bekker*, *Kristjan Thomasius*, *Fridrik v. Spee* og *Filippus* kjörfursti frá *Schönborn*.

Af þessu, sem nú hefir verið sagt um lètti líkama í legi, gjörum vèr ráð fyrir að lesendum vorum veiti ekki örðugt að sjá orsakir til ymsra viðburða, t. a. m. hvers vegna að fáir menn geta fleytt hlöðnum báti á vatni, — að hægur vindur getur hreift þúng skip, — að fullt net af fiski er svo lètt á meðan það er dregið niðri í vatninu, — að ósalta vatnið flýtur ofan á sjóarvatninu, o. s. frv.

7.

MUNUR Á EFNISÞÚNGA YMSRA LÍKAMA.

1. það er siður að taka þúnga einhvers viss líkama fyrir einíngu, og ákveða svo með tölum hvað mörgum sinnum jafnrými annars efnis er þýngra eða lèttara. Lengi hafa náttúrufræðíngarnir haft til þess vatn, 15 mælistiga heitt á 80skipta hitamælinum. Viti maður t. a. m. að einn teníngsþumlúngur af þessu vatni er $1\frac{2}{9}$ lóðs þúngur, en einn teníngsþumlúngur af blýi þar á móti 14 lóða þúngur, þá

þarf ekki annað til þess að finna töluna fyrir blýið, en vita hvað $1\frac{8}{9}$ er opt fólgið í 14. Það verður hèrumbil 11. Hverjar ætla að tölurnar verði nú fyrir eir, járn og beyki, þegar einn teníngsþuml. af eiri vegur $10\frac{1}{2}$ lóð, af járni hèrumbil $9\frac{1}{2}$ lóð, og af beyki rúmlega 1 lóð? — Svar: hèrumbil 8, $8\frac{2}{3}$ og $\frac{9}{11}$.

2. Sá þúngi, sem táknar þrýstíngu líkamans á undirstöðu sína, og sem þess vegna vex og mínkar eins og fyrirferð líkamans, er kallaður líkamans **sanni** (verulegi — *absolut*) þúngi. Sá þúngi þar á móti, sem sýnir hlutfallið milli hins sanna þúnga líkamans, og þúnga jafnrýmis hans af vatni, er kallaður **efnisþúngi** hans (*specifisk*). Þegar menn þess vegna segja, að efnisþúngi gulls sè 19, silfurs $10\frac{1}{2}$, o. s. frv., þá er það sama og að segja, að gullið eða silfrið sè svo mörgum sinnum þýngra en jafnrými þess af vatni.

Jafnvel þó að finna megi efnisþúnga líkama með hinni vanalegu tvíörmuðu vog, þá er þó miklu vissara að hafa til þess lagarvogina (*hydrostatisk Vægt*). *Nicholson*, enskur maður, fann hana upp um aldamótin. Það má búa hana til úr pjátri og hafa lakkhúð á henni, því hún er einkum ætluð til þess, að sökkva henni niður í hreinsað vatn. Efsti partur hennar *c* (75. mynd) er dálítil skál, sem stendur á jafndigrum látúns-sívalníngi, sem ekki er nema svosem ein lína að þvermáli. Á látúns-sívalníngnum er markaður depillinn *f*. Sívalníngurinn stendur upp úr eggmynduðu holi *v*, en *l* er einhver viss þúngi, sem hengdur er neðan í tólið. Á milli *v* og *l* er dálítil karfa, fyrir þá líkami sem vega skal. Holið *v* er til þess, að vogin verði lèttari en jafnrými hennar af vatni, og þúnginn *l*, sem optast nær er glerkúla með kvikasilfri í, er til þess, að þúngamiðja vogarinnar verði sem neðarlegast í henni, svo að hún standi ætíð upp á endann í leginum, og sè svo stöðug, sem unnt er. Þegar ekkert er á lagarvoginni, sökkur hún í mesta lagi upp á mitt holið *v*. Þó að tól þetta sè mjög hentugt til þess að finna með því efnisþúnga líkama,

75. mynd.



er það þó ekki eins nákvæmt eins og skálavogin getur verið. — Vèr skulum nú búa oss til nokkur úrlausnarefni, til þess að reyna oss við.

Fyrsta úrlausnarefni: Maður skyldi eiga að ákveða efnisþúnga einhvers fasts líkama, sem ekki drekkur neitt vatn í sig, og ekki leysist upp í því, en er þýngri heldur en það er.

Úrlausn: Vèr skyldum nú reyna á dálítilli steinvölu. Til þess að finna efnisþúnga steinsins, er fyrst að vita, hvað mikinn þúnga þarf á skálina *c* til þess að vogin tóm sökkvi að merkinu *f*, og til þess skyldi nú þurfa 5 lóð. Vatnið er haft 15 mælistiga heitt á Rèaumurs hitamæli, og vel hreinsað. Að því búnu eru lóðin tekin af skálinni og steinninn lagður á vogina. Nú skyldi þurfa að bæta 2 lóðum á skálina til þess, að vogin sykki aptur að markinu, þegar steinninn er á henni. Þá kemur það fram, að steinninn vegur í loptinu 5—2 = 3 lóð. Nú er steinninn látinn í körfuna milli *v* og *l*, og af því að allir fastir líkamir lèttast í vatni, þá skýtur nú voginni dálítið upp, þó að hin fyr nefndu 2 lóð liggi kyr á skálinni. Þess vegna er lóðum bætt við á skálina, þángað til að hún sökkur aptur að markinu. Þessi viðbót skyldi vera $1\frac{1}{2}$ lóð. Eptir því, sem áður var sagt, er nú 3 skipt með $1\frac{1}{2}$ og verður þá hlutatalan 2, og það er efnisþúngi steinsins.

Annað úrlausnarefni: Maður skyldi eiga að finna efnisþúnga fasts líkama, sem drykki vatn í sig, en leystist ekki upp í því, og væri þýngri en það.

Úrlausn: Þegar líkamanum er þannig varið, verður tvisvar að vega hann í lopti: fyrra sinnið eins og áður var gjört með steininn, og í annað sinnið eptir það að hann er búinn að liggja svo lengi í vatni, sem þarf, til þess að hann sè búinn að drekka í sig allt það vatn, sem hann getur. Í fyrra sinnið skyldi hann vera $3\frac{1}{2}$, en í seinna sinnið 5 lóða þúngur. Munurinn er þá $1\frac{1}{2}$ lóðs þúngi. — Nú er líkaminn látinn í körfuna og veginn þar, og þá skyldi hann hafa lèttzt um 2 lóð, og nú er að skipta $3\frac{1}{2}$ með 2. En hinn sanni efnisþúngi þessa líkama finnst ekki nema að $1\frac{1}{2}$ lóð (þúngi vatnsins, sem líkaminn drakk í sig) sè dregið frá 2 lóðum (lètti líkamans í vatninu) og $3\frac{1}{2}$ síðan skipt með $\frac{1}{2}$, sem þá varð afgángs. Hinn sanni efnisþúngi þessa líkama er þá 7.

Þriðja úrlausnarefni: Maður skyldi eiga að finna efnis-

þúnga þess líkama, sem hvorki drykki vatn í sig nè leystist upp í því, en væri lèttari en vatn.

Úrlausn: Hafi maður lagarvog Nicholsonar, þá má nú hafa sömu aðferðina og sögð var í 1. úrlausn. En allt öðruvísi verður að fara að, ef maður hefir ekki nema vanalega skálavog við hendina. Aðferðin verður þá svona: 1. er líkaminn veginn í lopti; 2. er einhver annar þúngur líkami (blý) veginn í lopti; 3. er aðgætt hvað mikið *a* (þ. e. líkamirnir báðir saman) og hvað mikið *b* (þ. e. blýstykkið út af fyrir sig) lèttist í vatninu. 4. Til þess að vita nú hvað mikið líkaminn, sem vega átti, hefir lèttzt í vatninu, er lèttir blýsins dreginn fra lètti beggja saman; 5. er loksins hinum sanna þúnga líkamans skipt með afgánginum, sem varð við frádragnínguna í 4. Hlutatalan er þá efnisþúngi líkamans. Hefði nú líkaminn vegið $1\frac{1}{8}$ lóðs í lopti og afgángurinn í 4. hefði verið 2 lóð, þá væri efnisþúngi líkamans $= 1\frac{1}{8} : 2 = 9 : 16 = \frac{9}{16} = 0{,}5625$.

Fjórða úrlausnarefni: Að finna efnisþúnga lagar.

Úrlausn: Hefði maður 2 ker, annað fullt af hreinsuðu vatni, en hitt fullt af vínanda, og ætti að finna efnisþúnga vínandans, þá þarf ekki annað, en 1. að aðgæta hvað mikið einhver fastur líkami lèttist bæði í vatninu og í vínandanum, og 2. að skipta lètti líkamans í vínandanum með lètti líkamans í vatninu. Ef vèr gjörðum ráð fyrir, að lèttir líkamans í vínandanum væri $1\frac{1}{3}$ og í vatninu hèrumbil $1\frac{2}{3}$ lóðs, þá yrði efnisþúngi vínandans $= 1\frac{1}{3} : 1\frac{2}{3} = \frac{4}{3} : \frac{5}{3} = 4 : 5 = \frac{4}{5} = 0{,}8$.

Til þessa má og hafa aðra aðferð, t. a. m., að aðgæta hvað mikið ker úr gleri með vel felldu glerloki yfir vegur, þegar það 1. er tómt, 2. er barmafullt af hreinsuðu vatni, og 3. fullt af þeim legi, sem finna átti efnisþúngann í.

Fimta úrlausnarefni: Að finna efnisþúnga fasts líkama, sem leysist upp í vatni.

Úrlausn: Það skyldi t. a. m. vera salt, sem vega á. Þá er fyrst tekinn einhver annar lögur, sem ekki leysir saltið upp, og svo athugað: 1. efnisþúngi þess lagar, 2. hinn sanni þúngi líkamans, sem vega skal, og 3. þèttleiki hans (saltsins) í samanburði

við þèttleika þess lagar, sem tekinn var til stuðníngs sèr. Sè hin síðast fundna tala nú margfölduð með hinni fyrstu, þá er það sem út kemur efnisþúngi líkamans (saltsins). Efnisþúngi lagarins skyldi vera $\frac{4}{5}$ eða 0,8 (eins og vant er að tákna efnisþúnga alkóhols); þèttleiki saltsins skyldi vera eins í samanburði við þèttleika lagarins, einsog 5 í samanburði við 3. Efnisþúngi saltsins yrði þá $= \frac{5}{3} \times 0{,}8 = 1{,}66 \times 0{,}8 = 1{,}328 \ldots$

Af því að það er ekki einúngis fróðlegt, heldur og á stundum nauðsynlegt, að vita efnisþúnga ymsra líkama, þá er hèr til hægri verka sett

tafla yfir efnisþúnga nokkurra líkama við 0 mælistiga hita.

Lýsigull (*Platina*) slegið	22,100.	Rafur	1,078.
Gull, slegið	19,325.	Eik, gömul	1,170.
Iridíum	18,600.	Beyki, nýtt	0,982.
Vólfram (*Wolfram*)	17,600.	Linditrè, nýtt	0,817.
Blý, brædt	11,352.	Popull (*Poppel*) þur.	0,383.
Silfur	10,474.	Kork	0,240.
Vismúdd (*Wismuth*)	9,822.	Bróm	2,966.
Eir, sleginn	8,878.	Brennisteinssýra, ensk.	1,848.
Arseník	8,308.	Sjór	1,026.
Járn, smíðað	7,788.	Rínarvín	0,999.
Tin	7,291.	Línolía	0,953.
þúng-spat	4,426.	Svefngrasolía	0,929.
Demant	3,520.	Viðsmjörsviðarolía	0,915.
Tinnugler, enskt	3,373.	Terpentínolía	0,872.
Spegilgler	2,370.	Sítrónuolía	0,852.
Marmari	2,837.	Alkóhol, óblandað	0,793.
Fílabein	1,917.	Brennisteinslopt	0,715.
Ljósberi (*Phosphor*)	1,770.	Kvikasilfur	13,598.

Jafnvel þó að efnisþúngi hvers lagar, sem er, verði fundinn með lagarvog Nicholsonar, og jafnvel með vanalegum skálavogum, þá nota menn þó optar til þess annað tól, sem er enn umsvifaminna. það tól köllum vèr lagarstiku (*Aräometer*), og er það

76. mynd.



hèr dregið upp í 76. myndinni. Lagarstikan er búin til úr mjórri glerpípu *a*, sem að neðanverðu er með dálítilli kúlu á með kvikasilfri í eða blýi, til þess að þúngamiðja stikunnar verði sem neðarlegast í henni og hún standi ætíð þverbeint á endann í leginum. En hvernig sem nú lagarstikan er í hátt, þá er hún þó ætíð grundvölluð á þeirri reynslu, að líkamir sökkva þess dýpra ofan í löginn, sem lögurinn er þynnri. Vèr ímyndum oss, að það væri, ef til vill, hægast og umsvifaminnst, að lagarstikan væri eins löguð og hèr er gjört ráð fyrir í myndinni. Hún skyldi sökkva að strikinu *a* í hreinsuðu vatni. Innan í pípunni er brèfræma og á henni stendur talan 100 rètt við strikið *a*. Á brèfræmunni er og þar að auki nákvæmur mælir upp og niður frá tölunni 100, þannig, að fyrirferð hvers kafla milli strikanna sè $\frac{1}{100}$ af fyrirferð líkamans, sem niður í vatnið er sökkt. Lagarstika sú, sem slíkur mælir er á, heitir fyrirferðarmælir (*Volumeter*). Vèr skulum ímynda oss, að lagarstikan sykki í einhvern lög að strikinu 80. Þá vitum vèr, að áttugföld fyrirferð þess lagar er jafnþúng hundraðfaldri fyrirferð vatns, og að efnisþúngi hans er $= \frac{100}{80} = \frac{5}{4} = 1{,}25$. Atriðisgreinin, sem hèr á við, er svona: efnisþúngi lagarins verður fundinn með því, að skipta 100 með þeirri tölu, sem lagarstikan sökkur að ofan í löginn. Tvö atriði skulum vèr enn setja á oss.

1. Þess mjórri, sem pípan er á lagarstikunni, í samanburði við fyrirferð stikunnar allrar, þess nákvæmari er hún. En til þess að komast hjá því, að stikurnar verði mjög lángar, þá eru þær búnar svo til, að þær verði annaðhvort notaðar fyrir þá legi eina, sem eru lèttari en vatn, eða þá eina, sem eru þýngri en það er. Á hinum fyr nefndu stikum er vatnsmerkið, sem táknað er með tölunni 100, skammt frá neðri enda pípunnar, en á hinum síðar nefndu sem næst efri endanum.

2. Opt er það mikils varðanda, að vita, hvað mikið er af einhverjum vissum legi í blönduðum legi,

t. a. m. öli, brennivíni, sýrum, o. s. frv., í *samanburði við annað efni hans*. Til slíkra athugana er lagarstikan einkar hentug. En þá verður hún að vera löguð eptir því, til hvers hún er ætluð. Þannig er þá til bæði *ölmælir*, *alkóholsmælir*, o. s. frv. Til þess að lesendur vorir fái nokkra hugmynd um þessi tól, ætlum vèr að lýsa hèr einu því helzta af þeim, en það er alkóholsmælirinn (*Alkoholometer*). Hann er einkum hafður til þess, að vita hvað mikið alkóhol er í blöndu vatns og vínanda (í brennivíninu).

Vèr skulum þá fyrst ímynda oss glerpípu, eins lagaða og þá í lagarstikunni, sem fyrst væri sökkt ofan í hreinsað vatn og síðan í óblandað alkóhol. Í vatninu skyldi hún sökkva að markinu 0 (í 77. mynd) en í alkóholinu að markinu 100. Væri nú blandað saman 10 pörtum af alkóholi og 90 pörtum af vatni, 20 pörtum af alkóholi og 80 af vatni, o. s. frv., þángað til að komnir væri 90 partar af alkóholi og 10 partar af vatni, og allt af markað á pípuna hvað djúpt hún sökk í hverja blöndu fyrir sig, þá koma fram tölurnar 10, 20, 30, o. s. frv., á mælinum, sem auðsjáanlega vaxa upp eptir. Á sama hátt má og finna mörkin 1, 2, 3 . . . . 11, 12, 13 . . . . 21, 22, 23 . . . . o. s. frv. En það þykir of umsvifamikið, og er því vant að skipta bilinu milli hvorutveggja strika í 10 jafnstóra kafla. — Með þessu tóli má nú finna hvað mikið alkóhol er í blöndu af alkóholi og vatni. En með því, að við allar þessar lagarstikur má gjöra hvort sem vill, að fara eptir þúnga lagarins eða fyrirferð, þá er og nauðsynlegt að vita, eptir hverju þeirra farið hefir verið á þeirri stiku, sem sá eða sá lögur var reyndur með, sem vèr viljum fá. Einkum ríður mjög á þessu þegar maður ætlar að búa sèr til lagarstiku.

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

77. mynd.

Að lyktum ætlum vèr að taka fyrir oss tvö úrlausnarefni.

Fyrsta úrlausnarefni: Að finna fyrirferð einhvers fasts líkama með því, að vega hann niðri í vatni.

Úrlausn: Til þess að finna fyrirferð einhvers fasts líkama á þenna hátt, er fyrst að athuga þúnga hans: 1. þegar hann liggur ofan á skálinni, og 2. þegar hann liggur í körfunni á lagar-

vog Nicholsonar. Munurinn er, eins og fyr er á vikið, þúnginn á jafnrými líkamans af vatni. Vegna þess að einn teníngsþumlúngur af hreinsuðu vatni er $1\frac{2}{9}$ lóðs þúngur, þá þarf ekki annað en aðgæta, hvað opt að $\frac{11}{9}$ eru fólgnir í tölu þeirri, sem í lóðum tiltekur þúnga vatnsins, sem líkaminn rýmdi frá sèr. Hlutatalan sýnir, hvað margra teníngsþumlúnga stór að líkaminn er. Með þessum hætti má með reikníngi finna stærð þeirra líkama, sem annars væri ekki unnt að sjá.

A n n a ð ú r l a u s n a r e f n i: Að ákveða á sama hátt, hvað mikið af tveimur vissum efnum er í föstum líkama.

Ú r l a u s n: Til þessa þarf maður að hafa jafnþýngd líkamans af hvorju efninu fyrir sig. Þar næst er að athuga, hvað mikið hver þeirra þriggja út af fyrir sig lèttist í vatni, og svo er aðferðin sama og áður var sagt um blandaða líkami. — Við þetta tækifæri getum vèr ekki stillt oss um að segja frá eptirtektaverðum atburði nokkrum úr mannkynssögunni.

Fyrir meira en 2000 ára var sá konúngur í Sírakúsu, sem *Hiero* hèt. Hann lèt smið nokkurn búa sèr til kórónu, og vóg nákvæmlega gullið, sem í hana átti að fara. Þegar kórónan var búin dáðist *Hiero* að smíðinu; hann fann að vigtin stóð heima og borgaði smiðnum eins og konúngi sómdi. En vegna þess að það kvisaðist, að smiðurinn hefði stolið nokkru af gullinu, sem konúngur hafði lagt til í kórónuna, en blandað silfri í staðinn, þá bað konúngur hinn mikla snillíng Arkimedes að reyna gullið í kórónunni, án þess að skemma þó smíðisgripinn eða raska honum í nokkru. Snillíngurinn reyndi til á allar lundir, en gat þó ekki leyst úr spurníngu konúngs. Frægð hans var nú í hættu, og Arkímedes var öldúngis vonarlaus um, að geta komizt eptir hvort gullið væri svikið. Þá vildi svo til, að Arkímedes fór um sama leyti í laug. Þegar hann steig ofan í laugarkerið, sem var barmafullt af vatni, tók hann eptir því, að vatnið, sem út úr kerinu rann, var jafnrými hans. Hann stökk þá upp úr kerinu aptur og sagði um leið: „εὕρηκα — nú fann jeg það!" hljóp hann þá heim til sín og var hinn glaðasti. Tókst honum nú fljótt að leysa úr spurníngu þeirri, sem honum hafði áður fundizt óleysandi úr. Hann útvegaði sèr fyrst jafnþýngd kórónunnar af hreinu gulli, og aðra jafnþýngd hennar af hreinu silfri. Nú fyllti hann ker eitt á barma af vatni og lèt gullið þar ofan í; síðan tók hann það upp úr, og lèt silfrið ofan í kerið og seinast kórónuna. En

í hvert skipti athugaði hann vandlega hvað mikið vatn þá hefði runnið út úr kerinu. Vèr skulum nú með dæmi reyna að skýra fyrir oss aðferð Arkímedes. Kórónan skyldi hafa verið 18 punda þúng, og rýmt frá sèr $1\frac{1}{3}$ punds af vatni, þá hefðu og 18 pund af hreinu gulli orðið að rýma frá sèr $1\frac{1}{3}$ punds af vatni, ef kórónan hefði verið ósvikin. En það lèttist ekki nema um 1 pund einúngis. Hefði kórónan þar á móti verið úr hreinu silfri, þá hefði hún orðið að lèttast um $\frac{1}{6}$ punds meira en hún gjörði, eða um $1\frac{1}{2}$ pund, eins og 18 pund af óblönduðu silfri gjörðu. Þetta sá Arkímedes og eptir því lagaði hann aðferð sína við prófið. Sá sem búinn er að nema blöndunarreíkníng þann, sem hèr er á vikið að framan, hann getur nú sjálfur komizt fram úr því sem eptir er af þessu dæmi, og ætlum vèr því ekki að fara um það fleirum orðum.

Lögmál Arkímedes: sèrhver líkami lèttist um það í legi, sem jafnrými hans af leginum vegur. Þetta lögmál nær eins til lopts- og lagartegunda. Þegar talað verður um flugbelginn (*Luftballon*) þá verður aptur minnzt á þetta lögmál.

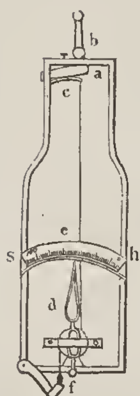
8.

ÞENSLUAFL VATNSINS MEÐ TILLITI TIL VISSRA ANNARA LÍKAMA.

Þensluafl vatnsins kemur víða fram, og lýsir sèr í því, er ymsir líkamir bólgna eða þrútna ef þeir liggja í vatni, t. a. m. trè, brèf, skíði, baunir, o. s. frv. Oss þykir ekki nauðsyn til að taka hèr fleiri dæmi upp á þetta; því það er flestum kunnugt hvernig þensluafl vatnsins lýsir sèr. Þar á móti viljum vèr jafnframt geta þeirrar nytsemi þessa, að menn nota ymsa þá líkami, sem hafa þann eiginlegleika, að draga í sig vætuna úr loptinu, til þess að mæla loptsrakann með, eða í hina svo kölluðu rakamælira (*Hygrometre*). Vèr skulum nú reyna að gjöra lesendum vorum þetta atriði ljóst með því, að virða fyrir oss hár-rakamæli þann, sem *Saussure*, frakkneskur maður nokkur, smíðaði († 1794).

Í rakamæli þenna er haft 6 eða 8 þumlúnga lángt mannshár, sem soðið hefir verið í „kalí-lút". Annar endi hársins er

78. mynd.



festur í *ac* (78. mynd), en hinn endinn er áfastur við umgjörð á dálitlu skoruhjóli. Á skoruhjólinu er laung nál, sem vant er að kalla vísi, og bendir á markaða bogann *e*. Þar að auki er og á því snúra, með lóði á endanum. Utan um þetta er optast nær höfð ferstrend grind úr málmi. Þegar maður gætir þess, að hárið dregur skoruhjólið upp á við, en lóðið niður á við, þá er auðsèð, að vísirinn hlýtur undir eins að hallast til annararhvorrar hliðar, þegar hárið lengist eða styttist. *Saussure* markaði hinn mesta þerridepil með *h*, og hinn mesta vætudepil með *s*. Við *h* setti hann 0, en við *s* 100, og skipti þannig öllum boganum í 100 jafna kafla.

Líkur hárrakamælinum er og skíðis-rakamælirinn, sem hinn frægi *de Luc* er höfundur að. Í honum eru skíðisþræðir nokkrir, 4 eða 5 þumlúnga lángir, í staðinn fyrir hárið í hinum. Skíðisþræðirnir eru ristir þvert um af skíðinu, enn ekki eptir endilaungu. En nú á tímum er hvorugur þessara mæla notaður; því rakamælir *Daniells* þykir svo miklu hentugri, og eins vætumælir (*Psychrometer*) eptir *August*, prófessor í Berlinni. Á vætumæli þenna verður seinna minnzt, í atriðinu um hitann.

Að endíngu þykir oss vert að minnast hèr á hina svo kölluðu veðurspámenn. Stundum eru þeir dálitlar holur eða gren með ref í, eða einhverju slíku dýri, og fer refurinn út úr greninu þegar þurviðri er, en er jafnan inni þegar slæmt veður er eða væta. Stundum eru þeir dálítil hús með mönnum í, sem koma út í dyrnar með regnhlíf, þegar óveður er, en með staf þegar gott er veður. Þetta er allt saman byggt á sömu eiginlegleikum vissra líkama, og *Saussure* byggði hárrakamælinn á. Á trèspjaldinu, sem myndirnar standa á, er svo búið um, að þræðir, sem lengjast við vætuna en dragast saman við þurk, draga myndirnar, eptir því sem til er ætlað, til og frá.

Þegar vèr erum búnir að kynna oss þensluafl vatnsins, þá munum vèr og hæglega geta skilið í mörgu af því, sem fyrir

augun ber, og þar á rót sína í, t. a. m. hvers vegna að smiðurinn vætir hamarskaptið, til þess að hamarinn verði fastari upp á; — hvers vegna að uppdráttamaðurinn vætir pappírinn áður en hann þenur hann á spjaldið; — hvers vegna að gluggar og hurðir og fleira þesskonar trèsmíði bólgnar upp og þrútnar í vætu; — hvers vegna að votir fleigar rífa og kljúfa opt miklu fljótar en annars, o. s. frv.

9.

SPURNÍNGAR, TIL ÞESS AD RIFJA UPP EPTIR.

Hvers vegna er vatnið kallað lögur? Hver er munur á því og t. a. m. vínanda? Í hverju er vatnið ólíkt öllum öðrum tegundum lagar? Hvernig verður að svara upp á spurnínguna: „hvað er vatn"? Hvað er kallað hreinsað vatn? Hvernig verður fúlnað vatn aptur gjört drekkanda? Hvað er að segja um kvikasilfur, vínanda, olíur, o. fl.? Hvaða lögmálsgrein hitans er það, sem á við um vatnið? Af hverju verður það sèð, að vatnið sè fjaðurmagnað? Hvað er eptirtektaverðast um klakann? Af hverju ætla að frosið vatn sè fyrirferðarmeira, en ófrosið? Hvernig geta menn fundið þúnga vatnsins? Hvernig geta menn skilið í hliðarþrýstíngu lagar, og hvað er hliðarþrýstíng? Af hverju leitast legirnir við, að standa með hafjöfnum fleti? Hvernig verður botnþrýstíng lagar fundin? Hvað er eptirtektaverðast við hana? Hvernig geta menn vitað, hvað mikil þrýstíng lagarins er á hvern vissan stað á hliðum ílátsins? Hver verður ályktunin af tilraununum með samgaungukerin? Hvað er að segja um hafjafnamælinn, blöðruhefjandann, vatnsþrýstíngarbelginn, o. s. frv.? Hvað er aðalatriðið í gosbrunnúnum? Hvernig sèst það, að líkamir lèttist í vatni? Með hverju verður það sannað? Hver eru skilyrði fyrir jafnvægi líkama í vatni? Hvað er kallað stöðugt jafnvægi? Hvert er skilyrði fyrir jafnvægi líkama, sem flýtur? Hvað er það, sem hèr að lútandi einkum þykir athugavert um fiskana og önnur lagardýr? Hvað sýndi tilraun Róbertsonar með mennina? Hvað var það sem kallað er vatnspróf, og við hvaða ástæður studdist það? Hvað er efnisþúngi líkama? Hvernig er lagarvog Nicholsonar í hátt? Hvernig verður hún notuð til þess að finna efnisþúnga ymsra líkama? Hvernig er lagarstikan til-

búin? Hvernig verður hún notuð, til þess að finna með henni efnisþúnga allra lagartegunda? Hvernig verður hún höfð til þess að reyna með blandaða legi? Hvernig er alkóholsmælirinn? Hvernig verður stærð fastra líkama fundin með því að vega þá í vatni? Hvernig verða efni fastra líkama reynd með því? Hvernig fór Arkímedes að reyna gullið í kórónunni? Hvernig geta menn sèð að vatnið hefir þensluafl með tilliti til ymsra annara líkama? Hvernig verður þensluafl vatnsins fundið hèrumbil upp á víst? Hvernig er hárrakamælir *Saussures*, og skíðisrakamælir *de Lucs*? Hvernig er veðurspámönnum háttað?

FJÓRÐA ATRIÐI.

HREIFÍNG OG JAFNVÆGI LOPTTEGUNDANNA.

Eins og vèr tókum vatnið til dæmis í atriðinu um legina, af því að það var merkilegast allra þeirra, eins tökum vèr nú loptið (andrúmsloptið) í þessu atriði til dæmis, af því að það er allra lopttegunda helzt. Þó munum vèr og drepa nokkuð á ymsar aðrar lopttegundir, en minnumst ekki á gufuna, því um hana verður síðar talað, þar sem gufuvèlinni verður lýst.

1.
TILVERA LOPTSINS.

Það er ekki hægt að efast um, að loptið sè til, þessi smágjörfi, lètti og fljótandi líkami, sem hvervetna fyllir ærið rúm allt í kríng um jarðarhnöttinn. Það er sjálfsagt, að sjónin, sem þó er eitt hið helzta af skilníngarvitum mannsins, hjálpar oss mjög lítið til að fá vissu um tilveru loptsins. Þar á móti gjöra heyrn og tilfinníng það. Þegar ver veifum lófanum fyrir andliti voru finnum vèr til loptsins, og vèr heyrum það, ef það á hraðri ferð rekur sig á einhverja fasta líkami, eða í gegnum pípur, þraungar gjár eða eitthvað þesskonar. En miklu betur verðum vèr þó loptsins varir í stórviðrum og fellibyljum, sem feykja um hinum sterkustu byggíngum, þyrla upp vatni og sandi og mörgum þeim hlutum, sem fjarskalegt afl þarf til að hreifa, og þeyta skipunum eins og kólfi sè skotið um hinn freyðanda sæ. Andardrátturinn sýnir og, að loptið hlýtur að vera til og vera líkami, og það sá líkami, sem er grundvöllur alls lífs og heilbrigði. Án loptsins gætu grösin ekki þrifizt og ekkert dýr lifað. Án þess heyrðist ekkert hljóð og engin ræða; án þess væri enginn saungur til og ekkert túngumál manna nè dýra.

2.
EIGINLEGLEIKAR LOPTSINS.

Loptið er líkami. Það er auðvitað, að fyrst að loptið er líkami, þá hlýtur það að hafa alla þá eiginlegleika, sem vèr í

upphafi bókar þessarar töldum meðal sameinkunna allra líkama. Loptið vantar hvorki rúmtöku, nè þensluafl, eygíngu nè hlutan*). Vèr ætlum hèr einúngis að fara nokkrum orðum um þensluafl loptsins og þýngd.

a. Þensluafl loptsins.

Hafi maður blöðru fulla af lopti og kreisti hana saman milli handa sèr, þá tekur hún sig aptur þegar er þrýstíngunni lèttir af. — Hafi maður sívala glerpípu sterka, og ekki mjög stutta, seti annan enda hennar við slèttan vegg eða einhverja aðra fasta mótspyrnu, og hafi svo dálitla bullu, sem vel fellur innan í pípuna, og reki hana skjótlega inn í pípuna, þá hrökkur hún aptur úr pípunni, undir eins og þrýstíngin hættir. — Hvorttveggja þetta er starfi loptsins, og sýnir viðleitni þess til að taka sig aptur eða ná sinni upphaflegu fyrirferð, undir eins og þrýstíngunni lèttir af því. Heronskúlan, Heronsbrunnurinn, vindbyssan, slökkvitólið, köfunarhjálmurinn, Kartesíuspúkarnir, og sumar tilraunir á loptsdælunni, sem seinna verður talað um, sýna og þenna eiginlegleika loptsins.

Þensluafl loptsins er og rót margra þeirra náttúruviðburða, sem fyrir oss bera, t. a. m. að ölstaup, sem sett er þverbeint á opið ofan í vatn, veltur á hliðina, o. s. frv.

b. Þýngd loptsins.

Taki maður glerpípu opna í báða enda, og dýfi henni ofan í vatn, byrgi síðan efri enda hennar með fíngurgóminum og taki hana þar á eptir svo hátt upp, að blá-endinn einúngis sè niðri í vatninu, þá stendur vatnið hærra innan í pípunni en í kerinu. Orsökin til þessa er þýngd loptsins fyrir utan pípuna. En í sama augnabragði maður tekur fíngurgóminn frá pípuopinu fer og vatnið niður úr pípunni, eða lækkar svo í henni, að það stendur með jöfnu yfirborði og vatnið í kerinu. Líkt kemur fram við soghefjendurna (*Sugehævert*), lopts- og vatnsdælurnar, en þó einkum við loptþýngdarmælirinn, og fræðumst vèr af öllum þessum tólum um þýngd loptsins. Með tilliti til þessa eiginleg-

*) Sökum þess að partar loptsins vilja firrast hverir aðra svo mjög, þá er auðsèð, að loptið vantar samloðun, og með tilliti til þess er samloðanin ekki sameinkunn allra líkama.

leika tökum vèr hèr einkum ſram 10. tilraunina á loptsdælunni hèr ſyrir aptan.

þegar vèr förum nú að lýsa hinum einstöku tólum, sem áður eru neſnd, tökum vèr það ſram við lesendur vora, að setja sem bezt á sig við hvert atriði eða tilraun, sem sagt verður frá, hvaða eiginlegleiki loptsins þar komi einkum ſram.

3.

LOPTSÞÝNGDARMÆLIRINN (*BAROMETER*).

Einu sinni, segir sagan, var fjarskahá dæla (*Pumpe*) reist upp í garði nokkrum hjá Flórens. En þegar ſarið var að reyna hana fèllu allir í undran yſir því, að þeir sáu að vatnið komst aldrei meira en 32 feta hátt í dælustólpanum. Enginn vissi hvað til þessa mundi koma og menn stóðu uppi ráðalausir. Lengi voru menn að velta þessu ſyrir sèr, og á endanum fóru þeir til Galíleís, sem var uppi á ſyrra hluta 16. aldar, og þá var mjög ſrægur orðinn í náttúruſræðinni. Honum var nú sagt frá þessum óvænta viðburði, og spurður um hvað til mundi koma. Galílei var raunar áður kominn á þá ætlan, að bæði þessi atburður með dæluna og margir aðrir væri einúngis komnir undir þýngd loptsins, en hann var þó ekki búinn að gjöra sèr glögga hugmynd um það, hvernig því væri háttað. Hann svaraði þess vegna á þá leið: að viðbjóður náttúrunnar á tóminu (*horror vacui*) væri takmarkaður. Skömmu síðar dó hann. Lærisveini hans *Toricelli*, sem þá tók við kennaraembættinu eptir hann, datt sú heppilega hugsun í hug: að ef það sama afl, sem lyptir vatninu 32 feta hátt í dælustólpanum, beitti sèr á kvikasilfur, þá yrði það að lyptast um einn þrettánda eða fjórtánda part af þeirri hæð í pípunni. *Toricelli* ſór nú að gjöra tilraunir eptir þessari hugmynd sinni. Hann tók 3 feta lánga glerpípu, sem var opin í annan endann, fyllti hana með kvikasilfur og hèlt svo fíngurgóminum yfir opið, og setti hana á þann endann niður í ker eitt með kvikasilfri í. Að því búnu tók hann fíngurinn frá opinu og þá kom það fram, sem hann hafði ætlað. Kvikasilfrið lækkaði raunar í pípunni undir eins og hann tók fíngurinn frá opi hennar, en þó aldrei meira en það, að það náði 28 þumlúnga hátt upp eptir pípunni. En 28 þumlúngar margſaldaðir með efnisþúnga kvikasilfursins $13\frac{1}{2}$ verða 378 þumlúngar, eða nærri því 32 fet. *Toricelli* hafði þannig rudt hinn

mikla veg, og nú var hver tilraunin látin reka aðra. Sè hið ókunna afl, eins og Galíleí hefir, ef til vill, ráðið í, í raun og veru fólgið í þýngd loptsins, þá, sagði *Toricelli*, hlýtur og kvikasilfrið í glerpípunni að vera lægra uppi á háum fjöllum. Þessi ályktun reyndist einnig rètt; því meðan að *Paskal*, sem *Toricelli* hafði borið þetta undir, var á leiðinni upp á 3000 feta hátt fjall, þá sá hann að kvikasilfursstöpullinn í glerpípunni lækkaði allt af smátt og smátt, og efst uppi á fjallinu var hann tæpra 25 þumlúnga hár. Þannig var það þá sannað: að það var ekki viðbjóður á tóminu, eins og Aristóteles hafði forðum sagt, heldur afl loptsþrýstíngarinnar, sem hèlt vatninu 32 feta hátt upp í dælustólpanum. Hèr skulum vèr nú setja á oss: 1. að tólið, sem á þarf að halda til þess að sanna þetta atriði með, heitir Torrísèlspípa (79. mynd), eða, sem nú er tíðara, loptsþýngdarmælir (*Barometer*), en þá er hún með strikuðum mæli á; 2. að hæð kvikasilfurs-stöpulsins í pípunni *s*, er kölluð hæð loptsþýngdarmælisins, og 3. að rúmið fyrir ofan kvikasilfursstöpulinn, sem ekkert lopt er í, heitir Torrísèlstóm.

79. mynd.



Af því, sem nú hefir verið sagt um loptsþýngdarmælinn, skyldi maður ætla, að það væri hægur vandi að búa hann til. En það er öðru nær. Þar þarf marga varúð við, sem þeim ríður á að gæta, sem búa til loptsþýngdarmælira, og ætlum vèr að geta hins helzta í því atriði.

Fyrst og fremst hlýtur smiðurinn að aðgæta þvermál þeirrar pípu að innan, sem hann ætlar að hafa, og verður það að minnsta kosti að vera $1\frac{1}{2}$ lína; því sè pípan ákaflega mjó, þá er aldrei svo lítil loptbóla, sem inn í hana kynni að sleppa, að hún rugli ekki til muna. Þar að auki stendur og kvikasilfurs-stöpullinn ætíð ögn lægra í svo örmjórri pípu, vegna þess að núníngsfyrirstaðan er þar svo mikil. Þegar loptsþýngdarmælirinn á að vera mjög nákvæmur, er pípan þess vegna opt höfð 6 línur að þvermáli. Þegar athuga skal á loptsþýngdarmælinn, þykir varlegra að slá hægt með fíngrunum á pípuna, til þess að kvikasilfurs-stöpullinn jafni sig að ofan. — En nú er að geta hinnar annarar varúðarreglu, sem hafa

þarf við tilbúníng loptsþýngdarmælira. Kvikasilfrið er, eins og hver annar líkami, í eðli fullt af lopti, og ef því er hellt í pípuna öldúngis eins og það kemur fyrir, þá leitast þetta lopt við að skilja sig frá því, og dragast saman í Torrísèlstómið, og þá er það nú ekki tómt lengur. Við þessu má gjöra með því, að heita kvikasilfrið svo, að það sjóði. Vegna þess að fjaðurmagn loptsins eykst við hitann, þá aðgreinir það sig nú þegar frá kvikasilfrinu. — Hin þriðja varúðarregla kemur pípunni við. Loptið er mjög gjarnt á að loða fast við hvern flöt sem er, og svo gjörir það og við hliðarnar innan í pípunni. Bezta ráðið til þess, að nema loptið burtu úr pípunni, er það, að hella kvikasilfrinu smátt og smátt í pípuna og hita það alltaf á milli svo að það sjóði. En þessi starfi krefur mikillar nákvæmni og þolinmæði. — Reyna má hvert nokkurt lopt er í Torrísèlstóminu með því, að halla loptsþýngdarmælinum á hliðina. Sè þá nokkurt lopt fyrir í tóminu, þá verður það í bólu fyrir kvikasilfrinu og leynir sèr ekki.

Loptsþýngdarmælirinn hefir verið ýmislega lagaður, og ætlum vèr að láta oss nægja með að segja frá 3 helztu myndum hans.

1. Hinn algengi loptsþýngdarmælir, sem hèr er sýndur í 80. myndinni. Í honum er bein pípa, sem að neðanverðu beygist upp á við, og er þar víðari miklu og eins og aflaung eða eggmynduð kúla í endann. Af því að þessi loptsþýngdarmælir er einúngis ætlaður til þess að sýna breytíngar þær, sem verða kunna á loptsþrýstíngunni, þá er og vant að hafa ekki mælirinn nema á efra hluta hans. Seinna skulum vèr gjöra lesendum vorum grein fyrir því, hvað orðin stormur, regn, umhleypíngar, staðviðri, o. s. frv. hafa að þýða á þessum loptsþýngdarmæli. Sè nú hinn víði endi pípunnar ekki mjög mjór í samanburði við pípuleggin sjálfan, þá hækkar og lækkar kvikasilfrið í þeim enda pípunnar svo lítið, að kalla má að það standi allt af við sama. En þó er þessi tegund loptsþýngdarmælisins ekki áreiðanleg við nákvæmar athuganir.

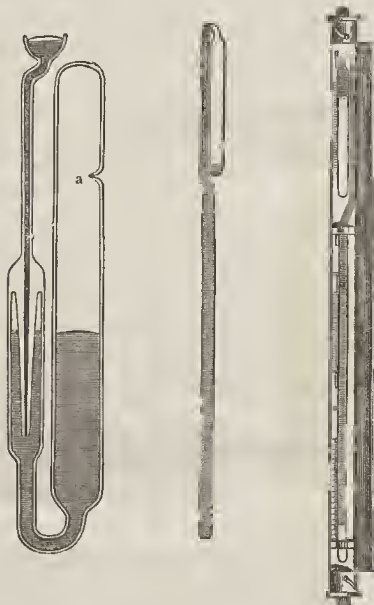
80. mynd.



2. Loptsþýngdarmælir með hefjandalagi. Pípan er beygð upp á við, en báðu-

megin jafnvíð, og standa armarnir þverbeint upp og eru öldúngis samhliða. Sú tegund þessa loptsþýngdarmælis, sem kennd er við *Gay-Lussac*, er víða kunnug og nytsöm mjög, því hún er svo nákvæm; 81., 82. og 83. mynd eru uppdrættir af þessu tóli. Fyrst er hèr að taka eptir opinu *a* (81. mynd). Það er svo stórt, að loptið kemst inn um það, en mikils til of lítið er það til þess, að kvikasilfrið komist út um það, svo það sakar ekki þó að höfð sè endaskipti á pípunni, eins og gjört er í 82. mynd. Ef vèr gætum nú hèr að auki að kvikasilfursstólpa þeim, sem andrúmsloptið þrýstir á, þá sjáum vèr, að núllmarkið, sem telja skal frá hæð loptsþýngdarmælisins, hækkar og lækkar, og að mælirinn verður þess vegna að vera svo lagaður, að núllmarkið verði ætíð sett við neðri kvikasilfurs-toppinn. Vèr gjörum nú ráð fyrir, að sumir af lesendum vorum spyrji að: „hvað til þess komi, að pípan í loptsþýngdarmæli *Gay-Lussaks* sè þannig beygð, að hinn opni leggur er í beinni línu við efra hluta hinnar lokuðu og lengri pípu.” Þá svörum vèr því, að það er einúngis gjört til þess, að maður geti sèð hæð beggja kvikasilfurs-stöplanna á sama mælinum. — 83. myndin sýnir tól þetta í umbúðum sínum, sem vanar eru að vera úr trè. Það lítur þá út eins og digur stafur, og er fyrir þá sök einkar hentugt fyrir alla, sem ferðast. Á engum þeim loptsþýngdarmæli, sem hefjanda-lag er á, verður hárpípuaðdrátturinn að tjóni, vegna þess að pípurnar eru þar tvær, og báðar jafnvíðar.

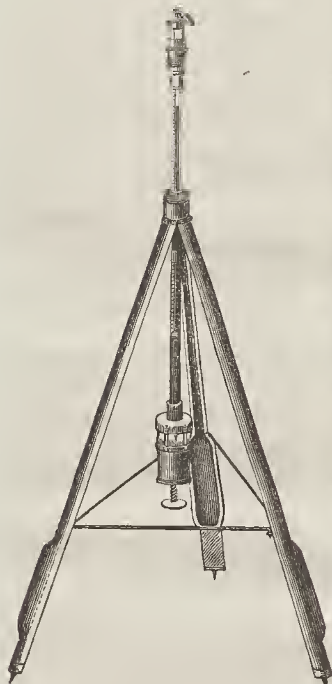
81. mynd. 82. mynd. 83. mynd.



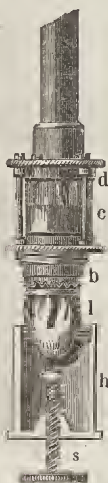
3. Loptsþýngdarmælirinn með kerinu undir. Pípan

er þar öll jafnvíð, og stendur með annan endann niðri í keri með kvikasilfri í. Sè nú pípan fullvíð og ekkert lopt í Torrísèlstóminu, þá er hèr ekkert, sem tálmað geti loptsþrýstíngunni að utan. Mjög þykir sú tegund þessa mælis ágæt, sem hèr er sýnd í 84. og 85. mynd. Einkennilegir partar hennar eru: leðurpúngurinn *l*, skrúfan *s* og fílabeinsbroddur einn, sem er hvass í annan endann og sem stendur þverbeint niður úr lokinu yfir kvikasilfurskerinu, og myndar sig í kvikasilfrinu eins og hinni björtustu skuggsjá. Eptir því sem skrúfunni er snúið til eða frá, hækkar eða lækkar kvikasilfrið í kerinu. Það er og hægt, að láta oddinn á fílabeinsbroddinum að eins snerta kvikasilfursflötinn, eða með öðrum orðum: að finna kvikasilfurshæðina í því augnabragði, sem athuganin fer fram. Oddurinn á fílabeinsbroddinum sýnir núllmarkið á mælinum. — Vèr ætlum nú ekki að lengja meira lýsínguna á þessum loptsþýngdarmælirum, því vèr ímyndum oss, að flestum lesendum vorra gefist færi á að skoða einhvern þeirra, og þá er þessi fáorða lýsíng nóg.

84. mynd.



85. mynd.



En hvað er það, sem numið verður af loptsþýngdarmælinum? Vegna þess, að þessi spurníng er mjög áríðandi, þá skulum vèr nú reyna til að svara henni, sem nákvæmast vèr getum, og sýnir þá loptsþýngdarmælirinn:

1. Muninn á loptsþrýstíngunni á sama stað á ýmsum tímum, eða að loptsþrýstíngin er ekki á öllum tímum

jafnmikił á sama staðinn, og hvað þessi munur er mikill. Loptsþýngdarmælirinn er festur upp á einhverjum vissum stað, og látinn hánga þverbeint niður, og svo er við og við aðgætt, hvað hár kvikasilfursstöpullinn í pípunni er. Sjaldan þarf marga daga til að komast að raun um það, að þessi hæð er mismikil, eða, að loptsþrýstíngin er mörgum breytíngum undirorpin. Þessa mikilvægu uppgötvun gjörði jafnvel höfundur loptsþýngdarmælisins. Tveggja alda nákvæmar athuganir eru að fullu og öllu búnar að sýna það og sanna, að bilið milli þess, sem kvikasilfrið er hæst og lægst, eru 2 þumlúngar, og að munurinn er aldrei eins mikill uppi á háum fjöllum nè um miðbik jarðarinnar, eins og á láglendinu og úti undir heimsskautunum. En því er miður, að það er minni vissa fyrir sumum öðrum atriðum, sem mjög eru þó fróðleg, og sem athuganir manna á loptsþýngdarmælirinn hafa leidt í ljós, t. a. m. um þá ætlan, að ýms veðrabrigði hafi töluverð áhrif á kvikasilfurshæðina. Enginn mun raunar bera á móti því, að kvikasilfrið í pípunni lækki, þegar rigníngar eða köföld eru í vændum, en hækki ætíð þegar gott og hreint veður er í nánd. En reynslan hefir þó sýnt, að þetta er hvorugt óbrigðult með öllu. Þó er það óáreiðanlegast á vissum tímum ársins, helzt þann tímann, sem dagur og nótt eru jafnlaung (jafndægur). Sum ár eru og öðrum fremur hvikul í þessu atriði. En þó að loptsþýngdarmælirinn sè í þessu tilliti ekki vissari en þetta, er þó hitt víst, að hækkan og lækkan kvikasilfursins í pípunni er í einhverju sambandi við vindstefnurnar; því bæði er það optast nær mjög hátt, þegar vindurinn er á austan eða norðan, og jafnvel hærra í austanáttum og landnyrðíngum, en þá er vindar blása úr einhverjum hinum áttunum. Ekki mun það opt bregðast, að kvikasilfrið í loptsþýngdarmælinum hækki mót austanáttum, en lækki mót vestanvindum, og kemur það heim við það, sem áður var sagt, að það væri hærra í góðu veðri en slæmu. Meðal hinna margvíslegu aðkomandi líkama, sem einatt svífa til og frá um loptið, hefir vatnsgufan, sem einatt rýkur upp af jarðarhnettinum, einna mest áhrif á kvikasilfrið, vegna þess að hún með fjaðurmagni sínu reynir til þess, að dreifa sèr út í allar áttir. Hækkan og lækkan kvikasilfursins

í pípunni fer nærri því einúngis eptir því, hvað mikið eða lítið er í loptinu af vatnsgufu. En þess nær, sem vatnsgufan kemst legi, eða því minna, sem hana vantar á að vera regn, þess minna er og þensluafl hennar eða fjaðurmagn, og áhrif hennar á loptsþýngdarmælirinu minni. Af þessu má þá ráða, hvers vegna að lækkan kvikasilfursins þykir á sumrin vita á regn, en á vetrum á kafald. Svo má og af þessu ráða, hvernig á stendur með hin önnur veðráttuorð, sem vön eru að vera á hinum algenga loptsþýngdarmæli, eins og: „þurviðri", „góðviðri", „staðviðri", o. s. frv., og að það er ekki nærri því ástæðulaust, að marka veðráttuna af loptsþýngdarmælinum, þó honum skjátli á stundum. Þó verður það varla ráðið af einni athugan einúngis, hvaða veður fer í hönd. Hèr að auki gjörum vèr og mun á tilviljandi og vissum breytíngum á loptsþýngdarmælinum. Tilviljandi eru þær breytíngar kallaðar, sem koma þegar minnst varir, og sem ekki er unnt að sjá fyrir, nè ráða í hvað miklar þær verði. Hinar koma þar á móti ætíð á vissum tímum, og eru einskonar óbreytanlegar stærðir, eins og Hollendíngur einn fann þegar árið 1772.*) En hvað er það, sem kallað er meðalhæð loptsþýngdarmælisins á þeim og þeim stað? Nákvæmar athuganir hafa sýnt það, að sú er ein stund til á degi hverjum, sem loptsþýngdarmælirinn nær optastnær meðalhæð sinni á. Í Þýðverjalandi, og hinum næstu löndum þar í kríng, er þessi stund um miðdegisbil. Vèr skulum ímynda oss, að einhver hefði athugað meðalhæð loptsþýngdarmælisins á hverjum degi í eitt ár, og þyrfti hann þá að leggja saman 30, eða 31 meðalhæð á hverjum mánuði, og skipta svo samtölunni með mánaðardagafjöldanum (30 eða 31). Það sem þá kemur í hlut, er meðalhæðin um mánuðinn. Á

*) Eptir lánga athuganaröð komst Alexander Humboldt að því, að um miðbik jarðar náði loptsþýngdarmælirinn sinni mestu hæð á morgnana um dagmál (Kl: 9 f. m.), og aptur á kveldin, einni stundu eptir náttmál (Kl. 10 e. m.), og að hann var þar lægstur 2 stundum fyrir miðjan morgun (Kl. 4 f. m.), og aptur einni stundu eptir nón (Kl. 4—4½ e. m.) á degi hverjum. Þessi breytíng reyndist honum svo viss, að af þeim mætti sjá hvað framorðið væri. En allt öðruvísi er því varið í hinum köldu og hálfköldu löndum. Hvað mikið far sem menn gjöra sèr þar um athuganir á loptsþýngdarmælirinn, verða þó hinar vissu breytíngar þar aldrei ákveðnar, af því að hinar tilviljandi eru svo margar.

sama hátt má og finna meðalhæðina um árið. Hún verður nú reyndar ekki eins á hverju ári, en þó munar henni varla meira til nè frá en svo, að þess gætir varla.

2. Loptsþýngdarmælirinn sýnir og, hversu loptsþrýstíngin er á sama tíma mismikil á ymsum stöðum, eða sín á hverjum stað. Vèr höfum áður minnzt á það, að kvikasilfrið lækkar í loptsþýngdarmælinum ef hann er fluttur upp á há fjöll, eða turna eða tinda. það verður og að vera, því þess hærra sem dregur upp frá sjáfarborði, þess lengri verður loptsstöpullinn neðan undir manni, en þess styttri fyrir ofan. En það er einmitt styttíng og lengíng loptsstöpulsins fyrir ofan mann, sem gjörir lækkan og hækkan kvikasilfursins í pípunni. Til þess að sjá hlutfallið milli hæðarinnar, sem loptsþýngdarmælirinn stendur á, og kvikasilfurshæðarinnar, er bezt að hafa tvo nákvæma loptsþýngdarmælira, annan hátt en annan lágt, og athuga svo á þá báða á sama augnabragðinu. Væri nú annar mælirinn niður við sjáfarborð, en hinn 73 feta hátt upp frá því, þá lækkar kvikasilfrið hèrumbil um 1 línu á þessu bili. Verði maður nú, eins og í raun og veru er, að fara hèrumbil 73 feta hátt upp yfir sjáfarborð til þess að sjá kvikasilfrið lækka um 1 línu, þá er það auðsèð, að 73 feta hár loptsstöpull vegur öldúngis jafnt og 1 línu hár kvikasilfursstöpull, ef báðir stöplarnir eru jafnir að þvermáli. En nú eru 73 fet eins í samanburði við 1 línu, eins og 10512 eru í samanburði við 1. þetta eru þess vegna hèrumbil hlutföllin milli þýngdar kvikasilfursins og efnisþúnga andrúmsloptsins næst jörðinni. Vèr segjum „andrúmsloptsins næst jörðinni", af því að þessi hlutföll verða allt öðruvísi, þegar lengra dregur burtu frá jörðinni. Orsökina til þessa höfum vèr áður getið um. Loptið þrýstir á þá líkami, sem undir því eru, af því að það hefir þýngd í sèr, en undir eins og þrýstíngin á loptið sjálft hættir, þenst það sundur og verður fyrirferðarmeira, af því að það er fjaðurmagnaður, fljótandi líkami. þegar vèr gætum þessa, sjáum vèr, að hin efri lög í andrúmsloptinu hljóta að vera lèttari en hin neðri, og að vèr verðum næst að fara nokkuð hærra en 73 fet til þess, að kvikasilfrið lækki aptur um 1 línu. þess hærra sem dregur, þess meiri verður og munurinn.

Hèr á við að minnast á það lögmál, sem loptið þèttist og þynnist eptir. það er kennt við uppgötvara sinn og kallað Maríottalögmál, og er sem hèr segir: Sèrhver loptteg-

und breytir fyrirferð sinni í öfugum hlutföllum við þrýstínguna. Til þess að sanna þetta með þèttuðu (saman-þjöppuðu) lopti tekur maður glerpípu, áþekka hefjanda í laginu. 86. mynd er uppdráttur þesskonar pípu. Styttri armur pípunnar er lokaður, en hinn lengri er með gati upp úr. Pípan er hèrumbil $1\frac{1}{2}$ þuml. á vídd, og styttri armurinn er öldúngis sívalur og sterkur mjög. Við hliðina á pípunni er mælir, til þess að hæðir beggja kvikasilfursstöplanna (í styttra og lengra pípuarminum) verði fljótt sèðar og nákvæmlega. Þegar athugað er, verða báðar pípurnar að hánga svo þráðbeint sem auðið er. Þegar kvikasilfrinu er hellt í pípuna, á að halla henni dálítið á meðan, svo að loptið komist burtu jafnóðum. Með þessum hætti má láta kvikasilfrið ná jafnlángt upp eptir báðum örmunum og snerta núllmarkið, eða hvert mark sem vill, á mælinum. Kvikasilfursstöpullinn í styttra pípuarminum skyldi ná að strikinu *a* á mælinum, og vera jafnhár þeim í lengra arminum, þá er auðsèð að loptið, sem inni er lokað í bilinu *ab*, verður að þola þrýstíngu andrúmsloptsins, eða með öðrum orðum: það er eins og að jafndigur stöpull af öllu andrúmsloptinu upp úr gegn þrýsti ofan á það. Nú er svo miklu kvikasilfri bætt við í lengra pípuarminn, að stöpullinn í styttra arminum nái að strikinu *m*. Síðan er depillinn *n* markaður á lengra arminn, jafnhátt og *m* er á þeim styttri, og að því búnu skal nákvæmlega mæla hvað hátt kvikasilfursstöpullinn nær upp eptir lengra arminum frá strikinu *n*. Þegar vèr vitum nú: 1. að loptið í *ab* er við þetta komið í hálfu minna rúm en áður (þrýst saman í hálfu minna rúm) og 2. að hæð loptþýngdarmælisins og kvikasilfursstöpulsins *ns* í þessari pípu, eru með öllu jafnar, þá efumst vèr ekki um, að loptið í *bm* verði að þola tvöfalda andrúmsloptsþrýstíngu (þ. e.: að það sè eins og að tveir jafn-digrir stöplar af andrúmsloptinu þrýsti ofan á það). Væri lengri armur pípunnar svo lángur, þá mætti með þessum hætti sýna, að tvöföld eða þreföld andrúmsloptsþrýstíng þrýsti loptinu í *ab* í $\frac{1}{3}$ eða $\frac{1}{4}$ stærðar. En hvernig mundi það verða sannað, að Maríottalögmálið gildi og þegar þrýstíngin er

86. mynd.



minni en svarar einfaldri andrúmsloptsþrýstíngu? — Vegna þess, að lögmál þetta hefir allt af þótt svo mikils varðanda, þá er og lángt síðan að til voru hentug tól til þess að þynna loptið með. Vèr sleppum samt að segja frá þeim, því vèr ætlum að vèr munum ekki þurfa á þeim að halda. En með tilliti til annars lögmáls, sem áður hefir verið getið um í þessari bók, og sem lýtur að stærð líkamanna og þèttleika þeirra, má og orða Maríottalögmálið þannig: þèttleiki loptsins og allra loptstegunda er í rèttum hlutföllum við þrýstínguna á þær.

þegar maður þekkir Maríottalögmálið og kann að nota það, þá getur maður mælt hæðir fjalla, turna, o. s. frv. með loptsþýngdarmælinum. Af því að tilgángur þessarar bókar leyfir oss ekki að skýra nákvæmlega frá slíkum hæðamælíngum með loptsþýngdarmælinum, þá ætlum vèr einúngis að drepa á aðalreglur þær, sem slíkar mælíngar styðjast við; en þær eru þessar: maður aðgætir kvikasilfurshæðina á báðum þeim stöðum, sem maður vill finna hæðarmun á, og ætti sú athugan helzt að vera gjörð á báðum stöðum á sama augnabragðinu. Hinar fundnu kvikasilfurshæðir eru nú þannig lagfærðar, að þær verði eins og þær mundu hafa orðið, ef hitinn hefði verið sá minnsti sem klaki getur bráðnað við. (Í atriðinu um hitann verður gjörð grein fyrir því, hversvegna að þetta þarf að vera). þess ber og enn að gæta, hvað mikið athuganastaðirnir eru hærri en sá staður, sem kvikasilfursstöpullinn í loptsþýngdarmælinum er rèttra 18 þumlúnga hár á. (það verður gjört eptir lögmálinu fyrir þynníngu loptsins). Loks verður og að taka meðaltölu hitans, sem aðgættur var á báðum stöðunum, og bæta svo mörgum 213 pörtum við hinn áður fundna hæðarmun, eins og hinn fundni meðalhiti var mörg stig á hitamæli Rèaumurs. (Hèr verður ekki sagt frá því, hvers vegna þetta þarf að vera). Bezt er þá að ákveða hæðarmun tveggja staða, þegar maður veit meðalhæð loptsþýngdarmælisins á báðum stöðunum.

3. Að lyktum sýnir og loptsþýngdarmælirinn hinn fjarska mikla styrk loptsþrýstíngarinnar á vissa fleti og líkami. þess er áður getið, að loptið niður við jörðina er í

jafnvægi við 28 þumlúnga háfan kvikasilfursstöpul. Væri nú kvikasilfursstöpullinn 1 ferþumlúngur í sárið (að þvermáli), þá verður sá flötur af lopti að bera 28 teníngsþumlúnga af kvikasilfri, eða nærri því 15 punda þúnga. Eptir þessu verður nú hægt að finna loptsþrýstínguna á hvern flöt sem vill. Ef maður vill t. a. m. vita hvað mikil hún er á ferfetið, þá er ekki annað, en að margfalda 15 pund með ferþumlúngafjölda ferfetsins, eða með 144. En 144 sinnum 15 pund eru 2160 pund eða 216 fjórðúngar (27 vættir). Þetta þótti á fyrri öldum ótrúlegt, og enn efast sumir um að það geti verið. Einkum þykir það ótrúlegt, að mannslíkami, sem á fullvöxnum manni er hèrumbil 14 eða 15 ferfet, skuli allt af verða að þola hèrumbil 300 tíufjórðúngavætta (*centner*) þrýstíngu, og það án þess að maður finni til þess, eða verði þess var, svo lengi sem jafnvægi er á í andrúmsloptinu. — En það er kunnugt, að margir eru þeir fiskar til, sem allt af eru djúpt niðri í sjónum, t. a. m. flyðran og skatan, sem optast nær eru um 2 eða 3 þúsund feta djúpt niðri í honum. Á þessum dýrum liggur því alla æfi 2 eða 3 þúsund feta hár vatnsstöpull, sem menn hafa reiknað að væri hèrumbil 70 eða 80 sinnum þýngri, en loptið. Og þó eru þessi dýr svo lètt á sèr og liðug í öllum snúníngum. En þess ber að gæta, að innan í þessum dýrum er einskonar lögur, sem heldur jafnvægi á við vatnsstöpulinn, sem ofan á þeim liggur. Líkt er og um manninn, sem allt af verður að þola andrúmsloptsþrýstínguna. Raunar getur ekki það lopt, sem er innan í líkama vorum, einsamalt haldið á jafnvæginu við andrúmsloptið, en með þensluafli sínu og öðrum umbúníngi, sem fólginn er í líkamanum, getur það þó gjört það. Þetta skýrist enn betur með því, að athuga fyrirkomulag og lögun þá, sem er á líkama mannsins. Vèr sjáum, að alltaf er eitthvert afl innan í honum, sem knýr alla vökva hans út á við. Þegar vèr gætum þess vegna að því, að loptsþrýstíngin utan á líkamann tálmar þessu afli frá, að knýja vökvana annaðhvort of snögglega eða of mikið af þeim í einu út undir hörundið, þá verður oss það fyrir, að dázt að vizku og speki skaparans, sem eins lýsir sèr í þessu og öðru. — Værum vèr sviptir loptsþrýstíngunni, þá mundum vèr komast í það bágasta ástand, sem hugsanlegt er í þessu lífi. Þeir sem komið hafa upp á afarhá fjöll, hafa að nokkru leyti reynt það, því þar er loptsþrýstíngin svo miklu

minni, en á láglendinu. Hafa þeir sagt, að þar hafi þeir fundið til einhvers undarlegs máttleysis og deyfðar, svo þeir helði alltaf þurft að vera að smá-hvíla sig. það hefir og borið við, að blóðið hefir þá farið að renna út úr vörum þeirra og tannholdi, af því að loptsþrýstíngin hefir þá orðið eins og borin ofurliða af hinn innra afli í líkamanum.

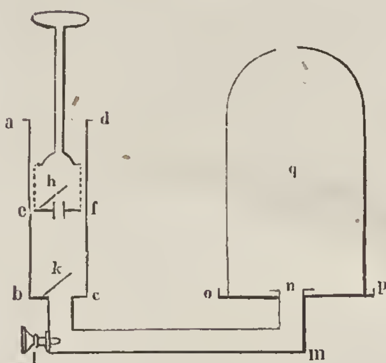
4.

LOPTSDÆLAN (*LUFTPUMPE*).

Ekki er loptsdælan miður áríðandi en loptsþýngdarmælirinn. *Otto Guerike*, borgmeistari í Magdeborg, er höfundur hennar. Hann var uppi um sama leyti og Torísèllí, og er ekki einúngis höfundur loptsdælunnar, heldur og rafurmagnsvèlarinnar. Vèr ætlum nú ekki að fara að lýsa lögnninni á hinni fyrstu loptsdælu, nè breytíngum þeim, sem gjörðar hafa verið á henni á seinni tímum, heldur ætlum vèr þegar að lýsa henni, eins og hún er nú tíðkanlegust, og drepa svo að eins á þau aðalatriði, sem geta verið einkennileg við tilbúníng þeirra.

87. mynd er uppdráttur af þessari loptsdælu. *abcd* er holur sívalníngur úr málmi, og þarf hann að vera mjög nákvæmlega gjörður, því bullan, sem ofan í hann gengur, verður að falla svo vel út í hann, að ekkert lopt komist til nè frá utan með henni. Á miðju bullnhöfðinu er gat, með fallblöðku yfir, *h*. Blaðkan lyptist upp þegar bullunni er þrýst niður í dælustrokkinn, svo loptið, sem neðan undir bullunni er, kemst út með því, að það rennur upp um þetta gat. En þegar bullan er dregin upp, þá lýkst *k* upp, en *h* leggst aptur. Frá opinu á strokkbotninum liggur loptheld pípa *kmn*, og er á henni haninn *l*.

87. mynd.



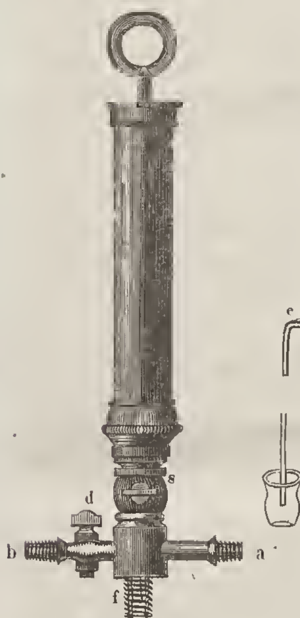
op er kríngióttur flötur, eggslèttur, og getur hann verið hvort heldur vill úr málmi eða steini, en sterkur þarf hann að vera og falla vel utan um pípuopið *n*. þenna flöt köllum vèr stètt eða disk.

Kerið (*q*), sem menn ætla að draga loptið úr, er sett á opið ofan á stèttina, og þarf það að falla svo vel við hana, að ekkert lopt komist undir það. Haninn *l* er lokaður. Bullunni *f* er nú þrýst svo lángt niður í strokkinn, sem unnt er, og fer þá loptið úr honum upp um blöðkuna *h*. þar næst er bullan dregin upp aptur, og sogast þá loptið úr kerinu *q* eptir pípunni *nmk* upp í strokkinn: því *k* lýkst þá upp en *h* leggst aptur. Við það er bullan er dregin svona upp og ofan, smá-þynnist alltaf loptið í *q*. Væri rúmið í strokknum jafnt rúminu í kerinu *q* og pípunni *nmk*, báðum samtöldum, þá yrði loptið í *q* að vera orðið hálfu þynnra þegar búið er að draga bulluna einusinni upp. En það eru nú einkum tvær spurníngar, sem vèr skulum leysa úr: 1. Er unnt að draga loptið öldúngis allt úr kerinu *q*? — Og 2. hvernig getur maður vitað það, hvað mikið loptið hefir þynnzt í kerinu? — Aldrei er loptsdælan svo góð, að hún geti með öllu dregið loptið burt úr kerinu: þegar loptið er orðið svo þunnt, að það hefir ekki afl til þess að lypta upp blöðkunum *k* og *h*, þá er ekki til neins að halda áfram lengur að strokka dæluna. Bezta ráðið til þess, að sjá hvað loptið þynnist mikið, er það, að hafa hentugan loptsþýngdarmæli á stèttinni undir kerinu *q*, og strokka svo loptið allt burtu, svo vel sem auðið er. Loptsþýngdarmælirinn sýnir loptsþrýstínguna við hvern bulludrátt, og þá um leið þèttleika þess. Ef að andrúmsloptið hèldi t. a. m. jafnvægi við 336 lína háfan kvikasilfursstöpul, þá yrði þèttleiki andrúmsloptsins, í samanburði við þèttleika loptsins í kerinu, eins og 336 eru í samanburði við 6, eða eins og 56 í samanburði við 1. Góðri loptsdælu er ætlað bæði að þynna loptið í kerinu svo mikið, að kvikasilfursstöpullinn sè einúngis einnar línu hár, og að það haldi þynníngunni á sèr nokkurn tíma eptir það að hætt er að strokka. Hækki þá kvikasilfursstöpullinn, þá er það merki þess, að loptið, sem er fyrir utan dæluna, kemst einhverstaðar inn í hana (hún gefur vind). þess ber og ætíð að gæta, þegar loptsdælan er notuð, að setja eitthvert ílát með

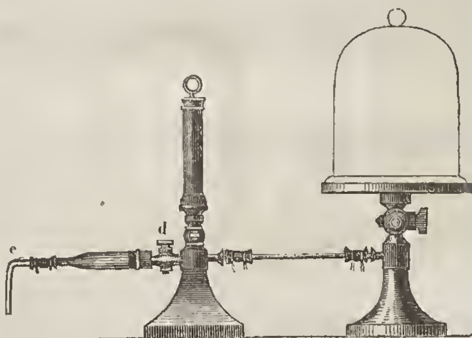
brennisteinssýru í á stèttina undir kerið *q*, til þess að nema með því burtu alla vatnsgufu.

Ekki eru allar loptsdælur þannig lagaðar, eins og sú, sem hèr hefir verið lýst. 88. mynd sýnir eina tegund hennar, sem

88. mynd.



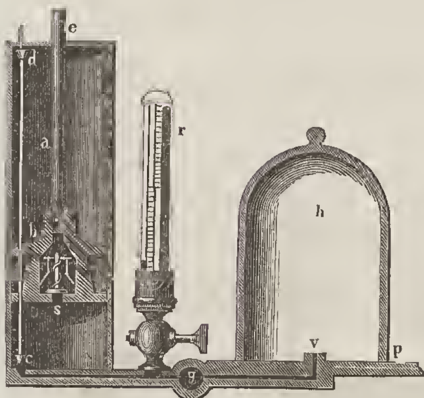
89. mynd.



mjög er handhæg. Pípan milli kersins og strokksins stendur hèr þverbeint upp og ofan, áður en hún beygist í lárètta stefnu eptir *ab*. *d* er hani, sem hleypa má lopti um utan að inn í dæluna, þegar vill, eins og til var ætlað um hanann *l* í 87. mynd. *a* sýnir hvar stèttin með kerinu, eða þá kerið sjálft, er skrúfað á vèl þessa, en skrúfan *f* er til þess, að festa hana á fót eða borð til að standa á. 89. mynd sýnir hvernig þessari dælu verður komið fyrir, þegar gjöra skal tilraunir með henni. Þó að þessi dæla sè ekki hafandi til stórra tilrauna, er hún þó þess verð, að henni sè veitt eptirtekt, því hún er svo handhæg og lètt í vöfum,

Sú er hin 3. mynd loptsdælunnar, sem hèr er sýnd í 90. myndinni. þegar farið er að draga bulluna *b* upp, hreifist staungin *cd* einnig upp á við, og tekur efri endi hennar *d* þá skjótt heima í lokinu yfir strokknum. Bullan verður því að dragast upp eptir staunginni, því hún liggur í gegnum bulluhöfuðið, og loptið dregst þá úr kerinu *h* eptir pípunni *vyc* og upp í strokkinn. þegar bullunni er þrýst niður aptur, fer og staungin *cd* af stað, og lendir hnúðurinn *c* á neðri enda hennar í gati því, sem þar er rètt hjá, og fellur út í það. Er þá pípunni *vyc* lokað, svo loptið í strokknum knýst upp um blöðkuna *s*. *y* er hani með gati á. þegar maður vill verður honum snúið fyrir, og er þá pípunni lokað. En loptsþýngdarmælinum er hèr á annan veg komið fyrir, en fyr var á minnzt. Hann er optast hafður svo sem 7 þumlúnga lángur, og innan í glerpípu, sem hefir samgaungu við pípuna. Munurinn á hæðinni á kvikasilfurs-stöplinum segir til hvað mikil loptsþrýstíngin er orðin.

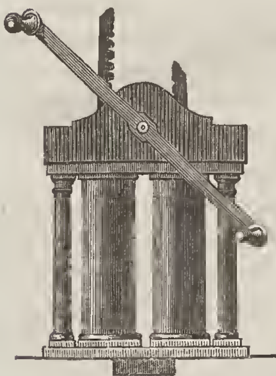
90. mynd.



En þess ber að gæta, að hleypa loptinu aldrei mjög snögglega inn að loptsþýngdarmælinum, því kvikasilfrið gæti þá skollið svo hart við, að það skemmdi mælirinn, eða ónýtti hann.

Áður en vèr lúkum máli voru um tilbúníng loptsdælunnar, ætlum vèr enn að lýsa einni mynd hennar, sem hèr er sýnd í 91. mynd. það er sú tegund, sem kölluð er hin tvöfalda loptsdæla, af því, að í henni eru tveir strokkar og tvær bullur. Bullusköptin eru með tönnum, sem taka inn í tannhjól nokkurt, sem á milli

91. mynd.



þeirra er. Gengur þá allt af önnur bullan upp þegar hin fer niður í vèl þessari, svo að á meðan loptið fer út um annan bulluhausinn þá er hinn að þynna það, eða draga það úr kerinu upp í strokkinn. þegar loptsdælan er svona löguð, má gjöra með henni ymsar fræðandi tilraunir og skemtilegar. Kemur þar ýmist fram þrýstíng loptsins eða þensluafl, eða eitthvað annað, sem tilraunirnar gefa órækar ástæður fyrir. Vèr skulum nú lýsa nokkrum tilraunum á loptsdælunni.

Fyrsta tilraun. Vèr tökum glerhjálm, lagaðan eins og kerið *q* í 87. mynd. Barmarnir á honum verða að vera svo slèttir sem kostur er á, og eru þeir ofurlítið smurðir með tólg, svo að þeir verði að eins feitugir. Að því búnu er hjálminum hvolft á stèttina í loptsdælunni, eins og fyr nefnd mynd sýnir, og svo er nú bullunni strokkað slíkt sem af tekur. Líður þá ekki á laungu áður hjálmurinn verður svo fastur, að enginn er svo sterkur, að hann geti tekið hann upp af stèttinni, og þó er hjálmurinn hvergi skorðaður. það er því einúngis loptsþrýstíngin utan á hann, sem heldur honum svona föstum. Ef vèr hleypum nú lopti að utan, inn um hanann *l* til að mynda, þá liggur hjálmurinn laus á stèttinni, eins og á hverjum öðrum slèttum fleti.

Önnur tilraun. Nú tökum vèr málmpípu, opna í báða enda, og setjum hana á dælustèttina, þar sem glerhjálmurinn stóð áður. Yfir efri enda pípunnar er því næst bundin óskemmd svínsblaðra, eða eitthvað þesskonar. Undir eins-og farið er að strokka, sogast blaðran ofan í málmpípuna, og það allt af meira og meira, þángað til að hún springur á endanum með hvelli. Hafa má glerflögu í staðinn fyrir blöðruna, og leggja hana ofan á pípuopið, en það er viðsjált þegar hún springur, að brotin hrökkvi ekki framan í mann og skemmi mann eða skeri. það er auðvitað, að hvað sem haft er ofan yfir pípunni, verður það þó að falla svo vel, að það sè lopthelt. Varla þykir oss ráðanda til þess, að aðrir en alvanir menn fáist við þessar tilraunir með blöðruna eða glerflöguna; því auk þess, sem ófimleiki viðvanínga gæti þar valdið meira eða minna tjóni, þá gæti hann og skemmt eða ónýtt dæluna sjálfa.

þriðja tilraun. Vèr skulum nú hafa glerpípu, opna í báða enda, í staðinn fyrir málmpípuna. þessu næst tökum vèr trèílát með vatni í, sem fellur yfir efra opið á pípunni. Glerpípan er

því næst sett á stèttina og kerið þar ofan á, og sèð um að allt sè lopthelt og standi sem stöðugast. Síðan er loptinu strokkað burtu, og því þynnra sem það verður undir kerinu í glerpípunni, þess meiri verður loptsþrýstíngarmunurinn ofan og neðan á vatnskerið. Á endanum verður hann svo mikill, að vatnið fer að drjúpa niður um botninn á kerinu og ofan í pípuna. Hafi maður kvikasilfur í kerinu í staðinn fyrir vatn, þá rignir því niður í pípuna eins og gljáanda silfurregni.

Fjórða tilraun. þessi tilraun verður enn skemtilegri en hinar fyr töldu, og fær enn meira á mann en þær. þessi tilraun er gjörð með Magðeborgarkúlunum, sem kallaðar eru, og er hún einhver hin ljósasta röksemd fyrir afli andrúmsloptsins. Annar kúluhelmíngurinn er á pípunni *c* (92. mynd) skrúfaður ofan á stèttina á loptsdælunni. Síðan er borin feiti á röndina á henni, eða þó heldur vot skinnræma lögð á hana, og hinn kúluhelmíngurinn *b* síðan settur við hann. Eiga þeir nú, og verða, að falla svo, að þeir sè loptheldir um samskeytin. Hananum á pípunni *c* er þessu næst snúið frá, og loptinu er strokkað, svo vel sem unnt er, út úr kúlunni. Að því búnu er hananum aptur snúið fyrir pípuna, og kúlurnar skrúfaðar af stèttinni, og tolla þá kúluhelmíngarnir saman, í stað þess, sem þeir voru áður aðskildir, og gátu ekki orðið fastir saman í lausu lopti, fremur en hverjir aðrir fastir líkamir, sem ekkert heldur saman. þá duttu þær af sjálfu sèr sundur, en núna, þegar loptið innan í þeim er orðið, ef til vill, 300 sinnum þynnra en andrúmsloptið utan um þær, tolla þær svo fast saman, að ærnu afli þarf að beita til þess að draga þær sundur. því stærri sem kúlurnar eru, því meiri verður loptsþrýstíngin utan á þær. þegar kjörfursti Friðrik Vilhjálmur kallaði *Otto Guerike*, sem gjörði fyrstur þessar kúlur, á ríkisfundinn í Regensborg, þá hafði Ottó með sèr loptsdæluna, sem honum þótti einkar vænt um, og gjörði þar ymsar tilraunir með henni í viðurvist Ferdínands keisara hins þriðja og margra annara höfðíngja. þar gjörði hann og tilraun með þessum merkilegu kúluhelmíngum. Áhorfendunum þótti það undrum gegna, er Ottó gat látið kúluhelmíngana loða saman með því, að tæma úr þeim loptið. En öldúngis urðu þeir hissa þegar þeir sáu, að 8, 12, 16 og jafnvel 20 hestar, sem Ottó spennti fyrir kúlurnar,

92. mynd.



gátu ekki dregið þær í sundur. Til þess þurfti 24 eða 30 hesta afl. Viti maður stærðina á fleti kúlnanna að utan, afl loptsþrýstíngarinnar, og svo hèrumbil hvað einn hestur getur dregið mörg pund beint áfram, þá er hægt að reikna, hvað marga hesta þarf til þess, að draga kúlurnar sundur. — En hvað sagði nú heimurinn um þetta furðuverk? — Hinir vitrari undruðust skarpsæi mannsins og dáðust að húgmyndaafli hans. Hinir óvitrari menn þar á móti litu hornauga til töframannsins, og mundu heldur hafa kosið að sjá hann á aftökustaðnum, en á ríkisfundinum. Þó hlaut *Otto Guerike* ekkert tjón af þessari sinni fögru uppgötvan, sem betur fór.

Fimta tilraun. Vèr tökum blöðru, og tæmum að mestu leyti allt lopt úr henni, og bindum síðan vandlega fyrir hana. Þannig búna leggjum vèr blöðruna á stèttina undir hjálminn á dælunni, og strokkum svo loptinu burtu. En á meðan verið er að strokka, þenst blaðran allt af sundur, og stækkar því meira sem loptið verður þynnra undir hjálminum. — Þessi tilraun sýnir berlega þensluafl loptsins.

Sjötta tilraun. Nú tökum vèr ker með vatni í, og leggjum ofan í það fáeina skildínga, og setjum svo kerið á stèttina undir dæluhjálminn. Þegar farið er að strokka, koma ótal loptbólur upp af skildíngunum, og fara þær smátt og smátt upp úr vatninu í kerinu. Sama kemur og fram hvað sem niðri í vatninu er haft, hvort sem það er sandur, dupt, glerbrot, hnappar, spíta, eða hvað sem það er annað. Loptbólurnar koma jafnvel úr vatninu sjálfu. Hèr ber þess að gæta, að á meðan loptið er nákvæmlega sameinað vatninu, þá sjást þær ekki, en þegar það er losað við þrýstíngu andrúmsloptsins, þá má aðgreina það frá vatninu og gjöra það sjáanlegt. Menn hafa reynt að nota þetta atriði um loptið við klæðalit, og hefir það tekizt vel. Ef að klæði nokkurt í litunarleginum er lagt í lopttæmda rúmið, þá fer nærri því allt loptið burtu úr því, og litunarlögurinn fer inn í þau augu á klæðinu, sem það hefði annars ekki komizt inn í. — Með þessum hætti má strokka loptið burt úr öli t. a. m., og verður það þá dauft og ónýtt á eptir.

Sjöunda tilraun. Taki maður bolla eða staup með svo sem 30 mælistiga heitu vatni í, og setji það á stèttina undir dæluhjálminn, þá fer það bráðum að sjóða þegar dælunni er strokkað, og vita þó allir, að mikið vantar á að vatnið í bollanum

sè sjóðheitt. þessi tilraun bendir á það, sem síðar mun sýnt verða, en það er, að suðumarkið á hitamælum vorum er ekki nærri því eins óbreytanlegt, eins og margur kynni að halda. það er öllu heldur komið undir loptsþrýstíngunni á hverjum stað.

Áttunda tilraun. Vèr skulum nú gjöra oss það skiljanlegt, hversu líf sjálfra vor og allra dýra er einskorðað við loptið. Fyrst látum vèr þá lifandi snjótitlíng eða mús undir dæluhjálminn, og svo er nú strokkað. Sjáum vèr þá hvað dýrið á einatt bágara og bágara með að ná andanum, því lengur sem strokkað er, og um það leyti sem búið er að ná öllu loptinu úr hjálminum, deyr og fuglinn eða músin. En þessi tilraun hefir og sýnt oss annað eptirtektavert atriði, og það er: að þegar loptið þynnist í kríngum dýrið og þrýstíngunni utan að lèttir af því, þá fer og þegar að bera á þensluafli hinna loptkynjuðu efna, sem í dýrinu eru, svo að jafnskjótt og hin vanalega þrýstíng andrúmsloptsins hættir að halda jafnvægi á við þau að utan, þenjast þau út og rífa taugar þær og rásir, sem þeim voru ætlaðar í líkama dýrsins. það eru einúngis fáeinar pöddur til og skeldýr, sem lifað geta í lopttæmdu rúmi, og ekki sakar að vera á þessum voðalega stað.

Níunda tilraun. Nú tökum vèr 3 feta lánga glerpípu, sem svo er um búið í efra endanum, að þar má halda líkama nokkrum svo lengi sem vill, og sleppa honum þegar vill. Fyrst er hèr nú látin dálítil dúnfjöður og blýmoli. Síðan er pípan sett á dælustèttina, og reynt til að strokka úr henni loptið, sem bezt verður. Að því búnu er þrýst á umbúnínginn í pípunni, sem hèlt dúnfjöðrinni og blýmolanum, og þau detta nú bæði nærri því eins fljótt, og vita þó allir hvaða þèttleika- og þýngdar-munur að á þeim er. Af þessu sjáum vèr þá ljóslega, að loptsdælan er og einkar vel löguð til þess, að sýna, að fallhraðar allra líkama eru jafnir í lopttæmdu rúmi.

Tíunda tilraun. Við þessa tilraun höfum vèr hola glerkúlu með hana í. Hún er nú skrúfuð niður á dælustèttina og loptið strokkað, svo vel sem unnt er, burtu úr henni; síðan er kúlan vegin á þar til búna vog, svo nákvæmlega sem kostur er á. þar næst er hananum snúið frá, og loptinu hleypt aptur inn í kúluna, án þess þó, að hún sè tekin af vogarskálinni. Kemur það þá upp, að nú er kúlan þýngri en áður, svo það verður að bæta lóðum á hina skálina, til þess að koma aptur jafnvægi á vogina. Með þessu má nú finna hvað mikið einn teníngsþumlúngur eða

eitt teníngsfet af lopti vegur. Í staðinn fyrir glerkúluna með hananum má og hafa einskonar flösku, eins lagaða og 93. mynd sýnir. Tappinn í flöskunni verður að vera loptheldur, og er gat á honum miðjum og vaxdúkur yfir. Til þess að á flöskunni sè þó einskonar blaðka, sem hleypi loptinu út, en ekki inn, eru tveir skurðir skornir í vaxdúkinn, utanhallt við opið á tappanum. Þessir skurðir eru sýndir í 94. mynd. Flaskan er fyrst vegin, áður en hún er sett á dælustèttina, og svo aptur þegar búið er að strokka loptið úr henni. Er þess þá gætt, hvað flaskan er miklu lèttari lopttæmd, en með loptinu í.

93. mynd.



94. mynd.

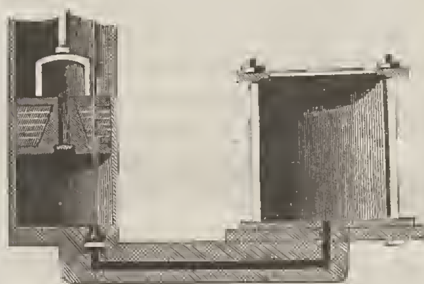


Auk þessara tilrauna eru og til margar aðrar, allt eins fræðandi og allt eins skemtilegar tilraunir, sem gjöra má á loptsdælunа, og ætlum vèr að telja upp nokkrar þeirra. 1. Setji maður loganda ljós undir dæluhjálminn, og strokki svo loptinu burtu, þá deyr ljósið, og skarreykurinn dettur ofan á stèttina, í staðinn fyrir það, að hann er annars vanur að leita upp; — 2. Aldrei er svo skorpið epli til, ef það er ekki götótt, að það verði ekki slètt og ásjálegt ef það er lagt undir dæluhjálminn og loptinu svo strokkað burtu; — 3. Gjöri maður gat á skurnið á eggi nokkru, á þeim bletti á því, sem neðstur er, þegar það er látið synda í saltvatni: þá fer maturinn út um gatið, ef það er lagt undir dæluhjálminn og dælunni síðan strokkað, en þegar loptinu er hleypt inn aptur undir hjálminn, þá fer og maturinn aptur inn í eggið; — 4. Ekki heyrist neitt til klukku, sem hríngt er undir dæluhjálminum í loptleysunni; — 5. Sè dálítið hnoðað saman af súrdeigi og látið í loptleysuna undir dæluhjálminn, þá bólgnar það upp og stækkar, en þegar loptinu er hleypt að því aptur, þá verður það eins fyrirferðarlítið og áður; — 6. Ekki kveikir byssa í loptleysunni, og ekki kviknar þar í púðri, o. s. frv.

Híngað til höfum vèr allt af talað um þ y n n í n g u loptsins; nú ætlum vèr því í fám orðum að skýra frá þ è t t í n g u þess eða samanþjöppun. En allar þær tilraunir, sem hèr að lúta, eru örðugar mjög. Það er t. a. m. auðskilið, að því meira lopt, sem

menn knýja inn í ílát nokkurt, því hættara er við að það springi, þar sem loptið er svo ákaflega þenslumikið. Þegar loptið er orðið tíusinnum þèttara en það á að sèr, þá er afl þess á ferþumlúnginn þegar orðið meira en 150 pund. Sá sem er orðinn kunnugur loptsþynníngartólum, hann á ekki bágt með að skilja í tilbúníngi hinna, sem höfð eru til að þètta það með. 95. mynd sýnir eitt þeirra. Aðalmunurinn á þynníngar- og þèttíngartólunum er fólginn í fyrirkomulaginu á hönunum og blöðkunum. Haninn við samgaungupípuna er á hinum síðar-nefndu tólum þannig lagaður, að hann hleypir öllu, sem að honum kemur, inn í pípuna og glerhjálminn, eða hvað það er, sem menn ætla að þètta loptið í, en hamlar loptinu að komast út þaðan aptur.

95. mynd.



Þannig falla og allar blöðkurnar á bullunni niður, en ekki upp. Loptið þèttist því í glerhjálminum í hvert skipti sem bullunni er ýtt niður, og í hvert sinn, sem hún er dregin upp, streymir nýtt lopt að utan niður í gegnum bulluhöfuðið og ofan í strokkinn. Til þess að sjá, hvað loptið þèttist mikið í hjálminum, er bezt að hafa beina glerpípu, opna í annan endann. Pípu þessa setur maður fulla af lopti á opið ofan í ker með kvikasilfri í, og lætur það standa undir hjálminum. Við byrjun tilraunarinnar er eingöngis einföld andrúmsloptsþrýstíng á loptið í pípunni, og kvikasilfrið í kerinu, en eptir því sem loptið undir hjálminum þèttist, hækkar og kvikasilfrið allt af meira og meira í pípunni, af því að þrýstíngin á það er þá meiri í kríngum pípuna, en innan í henni. Ef vèr gætum nú að: 1. hæð kvikasilfursstöpulsins og 2. þèttíngu loptsins ofan á honum í pípunni, þá getum vèr af því vitað hvað þètt loptið er orðið undir hjálminum. Við allar þessar tilraunir þarf hjálmurinn að vera skrúfaður ofan í stèttina, til þess að loptið lypti honum ekki upp. Af öllum þeim tilraunafjölda, sem gjöra má á loptþèttíngartólið, nefnum vèr hèr fátt eitt eingöngis: 1. Því meira, sem loptinu er þjappað saman, því sterkara verður hljóðið af klukku, sem þar er hríngt í; — 2. Vel upp

blásin blaðra, sem traustlega er bundið fyrir, og lögð undir hjálminn, gengur saman og verður því fyrirferðarminni, sem loptinu er þjappað saman; — 3. Sè nákvæmur hitamælir hafður undir hjálminum, þá sýnir hann að hitinn breytist við hvern bulludrátt.

5.

ÝMISLEG ÖNNUR ÁHÖLD, SEM GLÖGGLEGA SÝNA EINHVERJA AF EIGINLEGLEIKUM LOPTSINS.

a. BEINI HEFJANDINN (*STIKHÆVERT*).

Hefjendur eru tól, sem höfð eru til þess að flytja legi með úr einu íláti í annað. Af því að þeir eru einkar nytsamir í lífi manna, þá er og vert að kynna sèr eðli þeirra sem bezt.

Beini hefjandinn er bein pípa, víð um miðjuna en mjó í báða enda, og er annar endinn helmíngi, eða jafnvel þrefalt lengri en hinn, frá búngunni að miða. Þessi hefjandi er hafður til þess, að flytja legi milli íláta, og er hann hèr sýndur í 96. myndinni. Sè nú þessum hefjanda stúngið á endann ofan í einhvern lög og hann á þann hátt fylltur, þá þarf ekki annað en halda fíngurgómnum fyrir opið á hinum endanum, og taka hann síðan upp. Kemur þá ekkert af leginum úr honum, fyr en fíngurinn er tekinn frá opinu. Þegar það er gjört, streymir lögurinn niður um hinn endann. Orsökin til þessa er auðsjáanlega loptsþrýstíngin; því á sama augnabragði og fíngurinn er tekinn frá efra opinu og loptið kemst þar að, þá byrjar lögurinn að streyma niður úr hefjandanum, en fyr ekki. Eins hættir og lögurinn að renna, þegar fíngrinum er drepið á opið aptur.

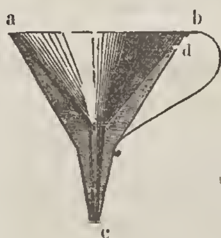

96. mynd.

b. TÖFRASÝGILLINN (*TRYLLETRAGT*).

Í þessu tóli er í raun og veru fólginn beinn hefjandi. Það er þannig til búið, að það eru teknir tveir sýglar og settir hvor ofan í annan, og látið verða bil á milli. Að ofanverðu falla þeir saman, svo það ber ekki á öðru, en að sýgillinn sè einn, og þar kemst ekkert lopt inn á milli. Undir handarhaldinu er dálítið gat á ytra sýglinum, og er það til þess, að þar geti loptið komizt inn

um, inn í bilið milli sýglanna. Þetta litla op er í myndinni (97.) táknað með *d*. Sè nú töfrasýglinum difið ofan í vatn, svo hann fyllist, og fíngurgóminum haldið fyrir gatið *d*, þá rennur það vatn einúngis niður um opið *c*, sem er í hinum innra sýglinum. Ef þá er litið ofan í sýgilinn, sýnist hann vera tómur, en taki maður þá góminn frá gatinu *d*, þá fer það vatn að renna niður um opið *c*, sem var í bilinu milli sýglanna, og af því að áhorfendur, sem ekki þekkja vèlina, sjá ekki þetta bil, þá verða þeir öldúngis hissa, er þeir sjá vatnið koma úr sýglinum eptir það þeir hèldu að hann væri orðinn tómur. Ef maður fyllti sýgilinn fyrst með víni, og hèldi svo fíngrinum fyrir opið, á meðan innri sýgillinn væri látinn tæmast, og fyllti hann svo með vatni, lèti síðan vatnið aptur renna úr sýglinum og svo vínið úr bilinu þar á eptir, þá mundi þeim, sem ekki þekkja tólið, þykja galdurinn býsna mikill. Þó þætti þeim hann enn meiri, ef þeir vissu ekki til þess, að neitt vín hefði komið í sýgilinn.

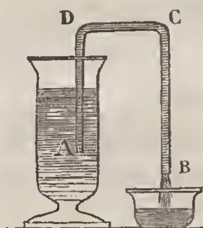
97. mynd.



c. SOGHEFJANDINN (*SUGEHÆVERT*).

Hinn einfaldasti soghefjandi er ekki annað en bogin pípa, opin í báða enda, eins og sýnt er í 98. myndinni. Annar armur hefjandans *ADCB* er lengri en annar, og er styttri armurinn niðri í því kerinu, sem tæma skal, en sá lengri er niðri í því, sem maður ætlar að fylla. Styttri endanum er fyrst stúngið ofan í löginn, og svo sýgur maður í hinn endann *B*, þángað til að loptið þynnist svo mjög innan í pípunni, að loptsþrýstíngin ofan á löginn í kerinu knýr hann upp eptir hinum styttra legg hefjandans, *AD*, fyrst eptir kaflanum *DC* og svo niður hinn lengra arm *CB*. Þá er kallað, að búið sè að fylla hefjandann. Til þess að geta nú skilið í því, hvers vegna að lögurinn heldur alltaf áfram að renna, úr því einusinni er búið að fylla hefjandann, þarf ekki annað en að gæta þess, að aflið, sem þrýstir á depilinn *A*, og sem knýr löginn til

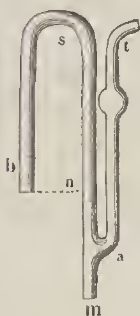
98. mynd.



þess að fara upp eptir hefjandanum, er jafnt þrýstíngu andrúmsloptsins, þegar búið er að draga frá henni þúnga vatnsstöpulsins *AD*. Aflið, sem þrýstir á depilinn *B*, og sem reynir að knýja löginn til *C*, er jafnt þrýstíngu andrúmsloptsins, þegar þúngi vatnsstöpulsins *CB* er dreginn frá henni. En eptir lögun tóls þessa er armurinn *CB* alltaf lengri en armurinn *AD*, svo að þrýstíngin á depilinn *B* er minni en þrýstíngin á depilinn *A*. Af þessu leiðir þá aptur, að lögurinn hlýtur að renna út um opið *B*. það er og svo í raun og veru. Undir eins og búið er að sjúga nóg lopt úr pípunni, fer vatnið að renna út um opið á lengra arminum, og því heldur það áfram, svo lengi sem styttri armurinn nær ofan í löginn. Með þessum hefjanda mætti eins vel tæma heila tjörn eða stöðuvatn, eins og dálítinn bolla, einúngis verður hefjandinn að vera víður eptir vatnsmegni. Til þess að fylla slíkan hefjanda er honum fyrst lokað í annan endann, og svo hellt vatni í hann þángað til hann er orðinn fullur, þá er hann settur eins og hann á að vera, og tapparnir síðan teknir úr endunum.

þegar flytja á eitraða legi eða bragðslæma milli íláta, þá er tvöfaldi hefjandinn hafður til þess (99. mynd). Hann er öldúngis eins lagaður og soghefjandinn, nema að því einu, að skamt frá neðri enda lengra armsins *snm* gengur upp pípan *at*, samhliða armi hefjandans. þegar nú að búið er að setja styttri arminn niður í löginn, þá er fíngrunum haldið fyrir opið *m*, en sogið í pípuna *at*. Loptið sýgst þá út eins og áður og allt fer hèr á sömu leið og við einfalda soghefjandann. Lögurinn fer upp að deplinum *s*, og undir eins og hefjandinn er orðinn fullur, tekur maður fíngurinn frá opinu og lögurinn rennur þá út um það.

99. mynd.



d. TÖFRABIKARINN (*FIXEERBÆGER*).

Töfrabikarinn er áþekkur staupi eða bikar í laginu, og er hann ein af hinum svo kölluðu listasmíðum, því innan í honum er fólginn soghefjandi, sem enginn sèr, nema sá sem af honum veit. Lengri armur hefjandans gengur ofan í fót bikarsins, en

hinn snýr opinu að botni hans, eins og 100. myndin sýnir. Helli maður vatni í bikarinn, þá fer það upp í styttra arm hefjandans og er allt af jafnhátt í honum og í bikarnum sjálfum. Lengri armur hefjandans er allt af tómur, þángað til í því augnabragði, sem vatnið nær efsta depli hefjandans, þá fer það ofan í lengri arminn og rennur viðstöðulaust ofan um hann. Verður þá ekki annað vatn eptir í bikarnum, en það, sem ekki nær upp að opi hins styttra arms.

100. mynd.

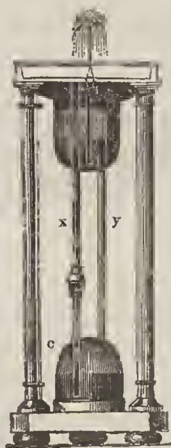


Til eru þeir brunnar, sem aldrei er vatn í nema þegar þurviðri eru. Stundum getur þetta komið af því, að undir eða niðri í jörðinni eru gaung eða smugur út frá þessum brunnum, sem eru i lögun eins og soghefjendur, svo að þegar þær fyllast, þá rennur vatnið burtu úr brunnunum, og því verða slíkir brunnar helzt tómir i rigníngum, og það nærri því á einni svipstundu. það er því ekki með öllu ástæðulanst, að menn hafa kallað þá sultarbrunna.

e. HERONSBRUNNURINN.

Tól þetta er kennt við mælíngameistarann *Heron* í Alexandriu, sem var uppi nærfelt 100 árum fyrir híngaðburð Krists. það er búið til úr tveimur kerum, sem eru hvort upp undan öðru og bilkorn á milli, eins og 101. mynd sýnir. Milli keranna eru tvær beinar pípur, sem standa beint upp og ofan. Yfir efra kerinu er íhvolft lok eða hlemmur, með tveimur götum á, og fellur önnur pípan upp í annað hlemmgatið. þegar gjöra á tilraun með Heronsbrunninum, er efra kerið fyrst hellt milli hálfs og fulls af vatni, og svo aptur settur tappi í það hlemmgatið. þar næst er viðlíka miklu vatni hellt í gegnum pípuna ofan í neðra kerið, og að því búnu er hananum snúið frá á gospípunni, sem síðar verður getið um. Gýs þá upp nokkurra feta há vatnsstroka. En nú er að athuga hvernig á þessu stendur. Pípan x er það sem nær upp í lokið á efra kerinu, og hún nær og ofan undir botn á hinu neðra. Pípan y nær þar á móti skammt ofan í neðra kerið c, en

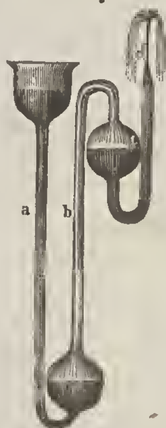
101. mynd.



nærri upp undir lok á efra kerinu. Hèr að auki gengur og dálítil pípa upp um mitt lokið á efra kerinu, sem nær nærri því ofan á botn í því. Upp um þessa pípu kemur vatnið og því er hún kölluð gospípa. Á henni er hafður hani, til þess að henni verði lokið upp og lokað þegar vill. Þegar vatninu er hellt í efra kerið á þann hátt, sem áður er sagt, þá fer nokkuð af loptinu úr því ofan í neðra kerið, af því að það er lèttara en vatnið, og vatnið rekur það burtu frá sèr. En þetta lopt kemst ekki lengra en í kerið *c*. Þegar búið er að láta tappann í gatið á lokinu og snúa hananum fyrir á gospípunni, þá er vatninu hellt ofan í neðra kerið um pípuna *x*. Þèttist þá loptið í kerinu *c*, enn meira en áður, og nú fer það smátt og smátt að ryðja sèr veg upp í efra kerið, og við það þèttist þá loptið, sem er undir lokinu á því. Þrýstir það þá svo fast ofan á vatnið í þessu keri, að þegar hananum á gospípunni er snúið frá, þá gýs vatnið upp um hana. Vatnið, sem upp gýs, fellur aptur niður á íhvolfa lokið, og rennur niður í pípuopið *x* og ofan í neðra kerið, svo að vatnið heldur áfram að gjósa svo lengi sem nokkurt vatn er í efra kerinu.

102. mynd sýnir, hvernig maður getur búið sèr til gosbrunn á mjög einfaldan hátt, úr fáeinum glerpípum. Vatnið í pípunni *a* þrýstir saman loptinu í pípunni *b*, en það lopt þrýstir aptur á vatnið í *c*, og neyðir það til að gjósa upp um pípuopið *d*. Hèr gjörir pípan *a* það, sem pípan *x* gjörði í Heronsbrunninum, en pípan *b* það sem pípan *y* gjörði þar.

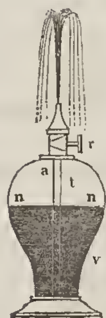
102. mynd.



f. HERONSKÚLAN.

Helzta atriði þessa tóls er glerkúlan *v* í 103. mynd. Upp úr henni stendur pípan *t*, sem nær nærri því ofan í botn á kúlunni, og stendur þó undir eins dálítið upp úr henni. Kúlan er hellt milli hálfs og fulls af vatni, t. a. m. upp að *n n*. Þar næst blæs maður ofan

103. mynd.



í pípuna *t*, og þèttir þannig loptið í kúlunni svo vel, sem kostur er á, og lokar hananum *r* áður en maður tekur munninn frá pípuopinu. Að því búnu er hananum *r* snúið frá aptur, og gýs þá vatnið upp um pípuna. Fer það þá stundum 10 og jafnvel 50 feta hátt, ef loptinu hefir verið þjappað saman með þèttíngartóli, en strokan lækkar allt af smátt og smátt, eptir því sem lengra líður á, og loptið fær meira rúm í kúlunni og þynnist, því eptir því dregur og alltaf úr þrýstingarafli þess.

Hèr á við að minnast á gosbrunna náttúrunnar, sem margur hefir lengi unað við að horfa á, og dázt að. Það þykir nú efalaust orðið, að þeir eiga rót sína í loptsþrýstíngunni, ekki síður en í fjaðurmagni hinnar heitu gufu, sem er innan í jörðinni. Þannig hefir t. a. m. prófessor *Bunsen*, sem sumarið 1846 ferðaðist um Ísland, leidt mörg rök að því, að hinir miklu gosbrunnar *Geysir* og *Strokkur* í Biskupstúngum, og allir aðrir gjósandi hverir hèr á landi, ættu loptsþrýstíngunni tilveru sína að þakka. Það er og hverjum manni skiljanlegt af því, sem hèr hefir sagt verið, að gos hveranna getur verið eðlileg afleiðíng af þrýstíngu loptsins, og þá er náttúrunni enganveginn vantreystandi til þess, að hafa myndað allan þann umbúníng, sem til þess þarf.

g. KARTESÍUSPÚKINN.

104. mynd.



Tól þetta eða leikfáng er hèr sýnt í 104. myndinni. Það er búið til úr glerstampi, löguðum eins og myndin sýnir. Glerstampurinn er fylltur af vatni, og svo er bundið yfir hann blöðru eða skinni, svo vel sem unnt er. Myndin *l* er dálítil glerkúla hol innan og með ofur litlu gati á. Það er púkinn, eða að minnsta kosti haft í púka stað. Nafnið er annars dregið af því, að þessar glerkúlur eru optast vanar að vera í allagaðri mannsmynd, því þá þykir meira gaman að tilraununum. Í glerkúlunni (eða púkanum) *l* er dálítið haft af vatni og dálítið af lopti, og svo er hún látin ofan í glerstampinn. Þegar maður þrýstir nú með fíngr-

unum ofan á skinnið, sem bundið er yfir glerstampinn, þá fer púkinn niður í vatninu, en upp fer hann þegar þrýstíngunni lèttir af aptur. Við þetta atvik er það aðgætanda, að glerstampurinn er öldúngis fullur af vatni, og að það er hægra að þrýsta saman loptinu en vatninu. þegar þess vegna að þrýst er á blöðruna, þá kemur sú þrýstíng fram á vatninu í glerstampinum, svo að dálítið af því fer inn í kúluna (eða púkann), og við það þýngist hún og fer dýpra niður í vatnið. þá þrýstist og loptið saman innan í kúlunni, en þá er þrýstíngunni lèttir af að ofanverðu, tekur það sig aptur, og spyrnir nokkru af vatninu út úr kúlunni, svo hún lèttist og lyptist upp í vatninu. Kartesíus hèt sá maður, sem er höfundur þessa skemtilega leikfángs, og því er það kennt við hann.

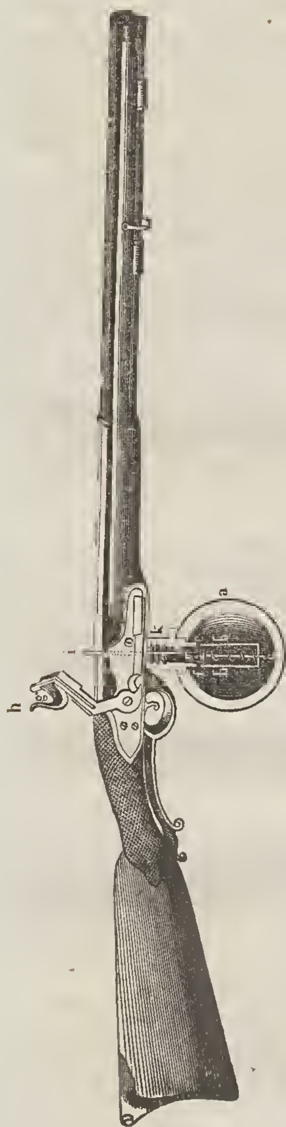
þegar maður sèr Kartesíuspúkann vera að boppa upp og niður í glerstampinum, þá detta manni í hug fiskarnir og þau dýr önnur, sem í sjónum eru, og sem ýmist eru djúpt niðri í honum eða grunnt. Orsökin til þessa er án efa fólgin í vöðvunum, sem næst liggja sundblöðru fiskanna, og sem draga hana sundur og saman, eptir því sem á stendur, svo fiskurinn getur verið svo djúpt eða grunnt í vatninu, sem hann vill.

h. VINDBYSSAN.

Eins og það er púðrið, sem kemur ferðinni á kúluna eða höglin í hinum algengu skotfærum, eins er það og loptið, sem kemur henni til leiðar á vindbyssunni. Með tilliti til tilbúníngsins aðgreina menn hinar eldri og ýngri vindbyssur. Á hinum eldri er loptið í kúlu með hálsi á, sem er neðan undir lásnum, en á hinum ýngri er loptpúngur þessi lagaður eins og flaska, og hafður neðan á byssuskeptinu. Hin eldri lögun á vindbyssunni er betri en hin ýngri, því að það er auðvitað, að kúlan springur miklu síður, þó að loptinu sè þjappað saman innan í hana, heldur en flaskan. Loptpúngurinn (*Luftkammer*) er hið helzta við vindbyssuna, sem allt er komið undir.

þetta skulum vèr reyna að skýra fyrir oss með 105. mynd-

105. mynd.



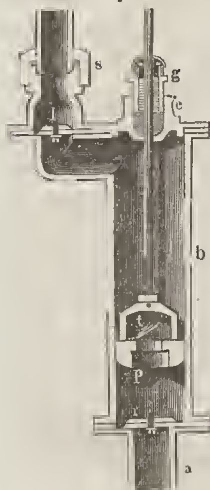
inni, sem er uppdráttur af vindbyssu með eldra laginu. Kúlan *a* er hol innan; hún verður að vera vel sterk og er hún optast nær hörð úr slegnum eiri. Innan í kúlunni er pípa, *bb*, með mjóu opi á þeim endanum, sem inn snýr í kúluna. Fellur þar í dálítill tappi *c*, en ofar í pípunni er haninn *d*, sem bæði fellur í efra op pípunnar og hliðaropin *e* og *f*, svo öll þessi 3 op eru loptheld. Haninn *d* sækir og allt af upp, því bæði rekur loptið í kúlunni þannig á eptir honum, og fjöðrin, sem er neðan undir honum í pípunni. Þegar hlaða skal byssuna, er kúlan skrúfuð af hlaupinu, og loptsþèttíngartólið sett á kúluna. Þar næst er loptinu í kúlunni þjappað svo mjög saman, eins og hver vill, svo að það hafi t. a. m. 8 eða 10 andrúmsloptsþrýstínga afl. Að því búnu er kúlan aptur skrúfuð á byssuna. Þegar byssulásnum er hleypt, þá slær bógurinn ofan á tappann *i*, en sá tappi gengur niður um byssuhlaupið og skeptið og ofan í hálsinn á loptspúnginum, nærri því að hananum *d*. En við höggið hrökkur nú haninn undan, þegar tappinn *i* slæst ofan á hann, svo hann sleppur niður fyrir götin *e* og *f*, og hið þèttaða lopt sleppur út um þau, og fer í einni svipan eptir kúluhálsinum *k* og út um byssuhlaupið og tekur skotið með sèr. En svo er um búið, að tappinn *i* kemur ekki nema allra snöggvast við hanann *d*, svo hann sleppur óðar aptur í samt lag. Þess vegna fer heldur aldrei nema

dálítið af loptinu út úr kúlunni í einu, þegar skotið er. Þegar loptspúngurinn hefir verið vel hlaðinn, þá má skjóta 8 eða 10 skot úr honum, áður en hann er hlaðinn aptur, þó verða skotin allt af smátt og smátt aflminni. Alla varúð þarf og við að hafa, þegar verið er að hlaða vindbyssuna, því ef of miklu lopti er neydt saman í kúluna, þá springur hún eins og gler, og getur það valdið ærnu tjóni. Ekki má heldur láta hlaðna vindbyssu inn í heitt hús, því hitinn eykur fjaðurmagn loptsins svo mjög, að þá er hætt við að kúlan springi. Ef maður gæti þjappað loptinu nógu fast saman til þess, þá mundi vindbyssan verða eins aflmikil til skota eins og púðurbyssur eru. Það er og einmitt fjaðurmagn loptsins, sem gefur þeim hið mikla afl, sem þær hafa. Púðrið er búið til úr brennisteini, koli og saltpètri. Í saltpètrinum er mikið sýruefni, og þegar hann er brenndur, fer nokkuð af sýruefni hans í kolið og brennisteininn. Við það myndast þá tvær loptkynjaðar sýrur, kolsýra og brennisteinssýra, sem þurfa mörgum þúsundsinnum meira rúm, en allir þrír líkamirnir saman, sem þær myndast úr. Það er þessi ógnarlega þensla, sem seinna verður minnzt á betur, sem knýr kúluna eða böglin fram úr byssuhlaupinu. Vèr ætlum að segja hèr frá einu dæmi uppá hið fjarskalega afl púðursins. Það kviknaði einusinni í 600 fjórðungum af púðri, sem geymdir voru í borgarturni nokkrum í Danzig. Skjálftinn, sem af þessu kom, fannst ¾ mílu frá staðnum, en kúlur og steinar flugu um ½ mílu vegar. Turninn tættist allur í sundur og grundvöllurinn, sem hann stóð á, rótaðist upp og fór með. Af þessu dæmi má meðal annars sjá, hvað varlega er faranda með púðrið.

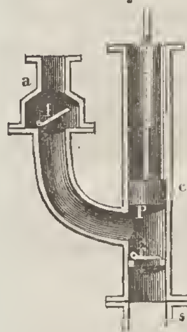
i. SOGDÆLAN (*SUGEPUMPE*).

Vèr skulum nú vandlega athuga 106. myndina, því hún á að sýna oss hin helztu atriði sogdælunnar. Fyrst er þá pípan *a*, sem gengur ofan í vatnið og kölluð er sogpípa eða sogandi; því hún á einsog að soga vatnið upp í sig. Strokkurinn eða dælustólpinn er *b*, og er hann oss áður kunnugur af hinum dælunum. Innan í honum er bullan *p*, og verður bulluhöfuðið nákvæmlega að falla út í strokkinn, eins og bulluskaptið að sínu leyti

106. mynd.



107. mynd.



á að falla nákvæmlega út í opið á strokklokinu *g*. þá er enn pípan *s*, sem vatnið á að koma fram um á endanum. Í þessari dælu eru þrjár blöðkur, sem allar opnast upp á við. Ein þeirra er við neðri endann á pípunni *s*: *l*, önnur er í bulluhöfðinu: *p*, og hin þriðja er neðan til í strokknum: *r*. Ef sogpípan er nógu djúpt niðri í vatninu, og bullunni er ýtt svo lángt ofan eptir strokknum, sem hún kemst, þá leggst blaðkan *t* aptur, undir eins og farið er að draga bulluna upp, en blöðkurnar *r* og *l* ljúkast þar á móti upp. *r* lýkst upp af því, að loptið er orðið þynnra, en það var áður ofan á henni, en *l* af því, að loptið undir henni er orðið þykkra. Vatnið fer nú upp um sogpípuna og leitar upp í strokkinn, og þaðan aptur upp um pípuna *s*. þessi vèl er annars svo auðskilin, af því sem áður hefir verið sagt um dælurnar og tilbúníng þeirra, að oss þykir engin þörf á að fara hèr um hana fleiri orðum.

Sama er og að segja um þá vèl, sem sýnd er í 107. myndinni, að hún þarf varla neinnar útskýríngar við. Í henni fer vatnið upp um sogpípuna *s*, og svo upp í pípuna *a*, undir eins og það er komið upp yfir blöðkuna *r*. Á þessari vèl er engin blaðka á bulluhöfðinu *p*.

k. KÖFUNARHJÁLMURINN (*DYKKERKLOKKE*).

það var ein af íþróttum þeim, sem Grikkir og Rómverjar lögðu mikla stund á, að geta farið djúpt niður í sjóinn, eða kafað djúpt. Sagnaritararnir segja, að á hverju skipi hafi jafnan verið einn eða fleiri þesskonar kafendur, sem hafi átt að lypta undir akkerið, þegar það var dregið upp úr sjónum, og sem hafi átt að geta sókt ýmislegt niður á sjáfarbotn, sem kastað hafði verið fyrir borð, þegar á lá. Opt sóttu og þessir kafendur perlur og njarðarvetti niður á sjáfarbotn. þegar kafandinn ætlaði í slíka

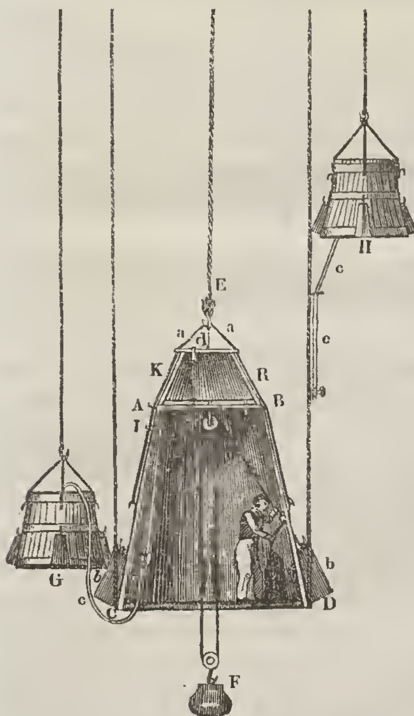
ferð, var hann vanur að binda njarðarvött fullan af olíu á vinstra handlegg sèr, og svo sem 20 eða 30 punda þúngan stein við annan fótinn. þar næst tók hann hníf í aðra hendina, en dálitla tágakörfu í hina, stakk viðarull upp í eyrun og nasirnar, og renndi sèr svo búnum, allsberum, á færi eða streng niður í sjóinn, og fór svo hratt niður sem hann gat. Sumir menn gjöra þetta enn, en slíkar ferðir eru bæði illar mjög og hættulegar. Auk þess sem háfar og hákarlar, og fleiri sjáfardýr, eiga svo hægt með að granda þessum kafendum, hefir þeim og opt orðið það að bana, að þeir hafa ekki orðið dregnir nógu fljótt upp aptur. Sá maður á því mikla þökk skilið, sem er höfundur að vèl þeirri eða tóli, sem að mestu leyti lèttir þessum hættum af kafendunum.

Köfunarhjálmurinn er optast nær hafður úr málmi og lagaður áþekkt stórri klukku. En svo er hann hafður stór, að fleiri en einn maður geti verið innan í honum. Vèr ætlum nú að reyna að lýsa köfunarhjálminum svo, að lesendur vorir geti fengið nokkra hugmynd um hann, og tökum vèr þá þann, sem Játvarður *Halley* smíðaði árið 1716. Sá köfunarhjálmur var 8 feta hár og þakinn utan með blýi. Neðan á hann voru hengd lóð, svo að hvar sem hann var látinn nema staðar í sjónum stóð hann ætíð þverbeint á endann. Í toppnum var sterk glerkúla, til þess að birtan gæti komizt inn í hjálminn. Þá var og leðurpípa utan um hjálminn og vár hún full af lopti, og láu aðrar smærri pípur úr henni inn í hjálminn. Í hjálmi þessum gat kafandinn verið hvernig sem hann vildi, og var þá ferðin töluvert þægilegri og hættuminni, en með hinni fyr nefndu aðferð. Kafandinn gat verið þurr uppi í efra parti hjálmsins, eða að minnsta kosti gat hann hæglega haft höfuðið upp úr vatninu, og af því að loptið í leðurpípunni hjálpaði svo mikið, gat hann og dvalið niðri í sjónum miklu lengur en annars. Það má gjöra sèr dálitla ímyndan um eðli og mynd köfunarhjálmsins með því, að taka tómt ölstaup og hvolfa því ofan í vatn á þann hátt, að allar randirnar á staupinu snerti vatnið í einu, eða jafnsnemma, og þrýsta því svo beint niður. Reynist það þá, að upp við botninn í staupinu verður ætíð nokkurt rúm, sem vatnið kemst ekki inn í, af því að loptið, sem þar er fyrir, veitir því fyrirstöðu. Eins er og um köfunarhjálminn, að ætíð verður nokkurt rúm eptir efst í honum, sem vatnið

kemst ekki inn í, af því að loptið, sem þar er fyrir, veitir því mótstöðu.

Þegar Englar eyddu spánverska herskipaflotanum árið 1588, sukku sum skipin við eyna Mýl (*Mull*). Á einu þeirra skipanna, sem sukku, áttu að hafa verið auðæfi mikil, svo menn reyndu opt til þess að fara þar niður í köfunarhjálmi og bjarga einhverju af fènu. En öll sú fyrirhöfn varð þó til ónýtis. Heppnari var Vilhjálmur *Phipps*, járnsmiðssonur nokkur frá Vesturálfu, sem lært hafði skipasmíði í Boston. Við ströndina á eynni Hispaníóla fann hann hvar spánverskt skip nokkurt, með miklum auðæfum í, hafði sokkið. Bjargaði hann þar fè miklu; það var virt fyrir 1,800,000 rbd. Í björgunarlaun fèkk hann fimtánda hluta fjárins, eða 120,000 rbd., og þar að auki gjörði konúngur hann að riddara.

108. mynd.



Meðal hinna mörgu köfunarhjálma, sem á ymsum tímum hafa verið búnir til, ætlum vèr að lýsa þeim köfunarhjálminum, sem mjög hefir verið við hafður á Englandi, og hèr er sýndur í 108. myndinni. *ABCD* er sjálfur köfunarhjálmurinn, sem hángir a reipunum *aa*, en þau gánga upp í skip eitt, sem liggur við akkeri uppi yfir hjálminum. *bb* eru tveir þúngar, sem til þess eru hafðir, að láta opið á hjálminum bera lárètt að vatnsfletinum. En til þess að hjálmurinn sökkvi, er þúnginn *F* hengdur neðan á hann, og liggur reipið, sem hann hángir á, utan um skoruhjól nokkurt innan í vèlinni, svo það má draga hann upp og ofan,

og getur það í mörgu tilliti orðið að miklu liði. Ef að t. a. m. annar barmurinn á hjálminum kemur ofan á eitthvað það í sjónum, sem hamlar honum frá að geta sokkið dýpra, svo að hann ætlar að detta um koll, eða fara á hliðina, þá er þúnganum *F* undir eins hleypt ofan á botn, og með þeim hætti verður hjálminum ætíð haldið rèttum. þessi þúngi er þess vegna einskonar akkeri, sem getur haldið vèlinni kyrri, á hvaða dýpt sem vera skal. Ofan í toppinn á hjálminum eru tveir gluggar með fjarskalega þykku, ávölu gleri í. *G* og *H* eru tveir minni hjálmar með lopti í. Úr þeim liggja pípur, *cc*, með hönum í, svo að maður getur hleypt loptinu úr þeim nær sem maður vill inn í hjálminn til sín, og svo miklu sem maður vill í einu. þegar annarhvor af þessum loptshjálmum er tómur orðinn, þá gefur kafandinn skipverjum merki, og draga þeir hann þá upp og fylla með lopti. Síðan dregur kafandinn hann aptur niður til sín, þegar hann vill.

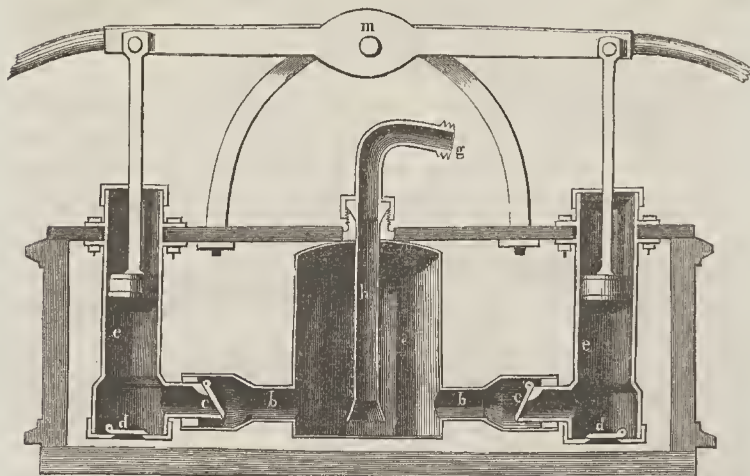
Spalding nokkur bætti köfunarhjálminn mikið og fullkomnaði hann, svo kafandinn gat þá að eigin vild farið upp og ofan í sjónum og staðnæmzt á botninum. Spalding hafði annan minni hjálm fyrir ofan aðalhjálminn. Með hönunum *d* og *e* getur kafandinn hleypt út úr efra hjálminum eða inn úr þeim neðra. þegar kafandinn er niðri á botni í vatninu, þá er haninn *d* hafður opinn, fyllist þá allur hinn efri hluti hjálmsins með vatn, og er þá vèlin öll, að undanteknum þúnganum *F*, lèttari en jafnrými hennar af vatni. þegar kafandinn vill fara upp, þá snýr hann hananum *e* við. Loptið úr aðalhjálminum fer þá inn í hinn minni, og knýr vatnið burtu með sèr, en í stað þess kemur þá loptið aptur úr litla hjálminum, og verður þá öll vèlin með þúnganum *F* lèttari en jafnrými hennar af vatni, og fer að lyptast upp. þetta kemur því mjög svo heim við fallhlífina, sem seinna verður skýrt frá. Samt verður kafandinn að hleypa vatninu mjög hægt inn í efra hjálminn, því annars kynni að verða tjón að því, hvað fljótt vèlin fer upp.

b. SLÖKKVIVÈLIN (*BRANDSPRÖITE*).

Vèr gjörum mun á stórum og smáum slökkvivèlum. Hinar smáu eru svo einfaldar og smíðið á þeim svo óbrotið, að oss þykir ekki þörf á að lýsa þeim í þessari bók. Hinar stærri þar á móti, sem sèr í lagi eru kallaðar slökkvivèlar (báldrepir),

eru miklu þúngskildari, sökum þess, að á þeim er miklu meira smíði og margbreyttara. þess vegna er hèr og mynd (109.) af

109. mynd.



þeim. Hèr eru tveir strokkar, *ee*, með bullum í. Strokkarnir verða að vera mjög vandaðir, og bullurnar þurfa að falla eins og í loptsdælunni. þegar nota skal vèlina, standa báðir strokkarnir niðri í stóru keri með vatni í. Á milli beggja bulluskaptanna er jafnörmuð vogarstaung; veltuás hennar er í deplinum *m*. þegar önnur bullan fer upp, fer hin niður, líkt og áður var sýnt um hina tvöföldu loptsdælu, og af því sem þar var sagt er og auðráðið, til hvers að blöðkurnar *dd* eru. þegar vatnið er komið upp í strokkinn og bullan fer niður, þá lokast blaðkan *d*, og vatnið verður að leita sèr annarar leiðar; fer það þá inn í pípuna *b*, opnar blöðku þá sem þar er, og fer inn í vindketilinn *a*. því optar sem bullurnar fara upp og niður, því meira vatn fer og inn í vindketilinn, og því meir þjappast og loptið saman í honum. þegar svona er komið, er slökkvivèlin orðin mjög svipuð Heronskúlunni. Pípan *h* nær allt að því ofan í botn á vindkatlinum, og við *g* er önnur pípa með mjórra opi skrúfuð á hana. þessi pípa er opt laung leðurpípa með málmhólki á opinu. Vatnið streymir út um hana með fjarskalegu afli, og er þeirri bunu stýrt á þá staði, sem þörf þykir á vera.

Mörg eru hèr að auki tól þau og vèlar, sem vert væri að tala um. En vèr ætlum þó að sleppa þeim, í því trausti, að sá, sem vel er búinn að kynna sèr störf og tilbuníng þeirra tóla, sem frá hefir verið sagt hèr að framan, muni geta ráðið í smíð þeirra og skilið í eðli þeirra, og þeim öllum, sem þar koma fram.

6.

HINAR HELZTU LOPTTEGUNDIR.

a. LÍFSLOPTIÐ.

Vèr skulum nú þegar leiða athygli vora með tilraunum að eiginlegleikum nokkurra lopttegunda, því þá verða oss nöfn þeirra skiljanlegri og minnistæðari.

Hèr höfum vèr þá glæddan (glóanda) trèspón og eina lopttegund. Óðar en vèr erum búnir að bregða trèspæninum ofan í lopttegund þessa, stendur hann í ljósum loga, og er sá logi miklu bjartari en vanalegur logi er. — Við hina aðra tilraun vora höfum vèr stálfjöður, sem að minnsta kosti þarf að vera glóandi í annan endann, og drepum svo þeim enda hennar ofan í lopttegund vora. Hún lýsir þá frá sèr og kastar neistum út í loptið, og brennur eins og trè eða kol í vanalegu lopti. — Hið þriðja, sem vèr ætlum að sýna, er ljósberi (*phosphor*). Vèr þurfum ekki að setja það eins vel á oss, hvað fljótt kviknar í honum, eins og hitt, að þegar honum er kastað loganda ofan í lopttegund vora, þá verður logi hans svo bjartur, að vèr þolum varla að horfa í hann. — þessi lopttegund er því, eptir tilraunum þeim, er nú var á minnzt, einkar vel fallin til að efla og við halda eldinum, og þess vegna er hún stundum kölluð e l d l o p t*).

Nú tökum vèr tvö jafnstór ker, annað með vanalegu andrúmslopti í, en annað með eldlopti, og látum sína heyló ofan í hvort kerið. þar næst lokum vèr báðum kerunum vandlega, svo að ekkert lopt komist inn í þau að utan, og athugum nú hvernig heylónum reiðir af í díblyssum sínum. Fyrst framan af ber ekki á öðru, en að þeim líði báðum allvel, en smátt og smátt fara

*) Örsteð og Forkhammer kalla þessa lopttegund *Ilt*, og draga nafnið af orðinu *Ild* (eldur). Á íslenzku hefir hún og verið kölluð e l d i.
B. G.

þær að eiga mjög bágt með andardráttinn og á endanum kafna þær. En sá er þó munurinn, að sú heylóin deyr miklu fyrri, sem er í andrúmsloptinu; því þegar hún er köfnuð, er ekki neitt farið að bera á hinni, og hún virðist þá enn lifa all-þjáníngarlítið. Eldloptið sýnist þess vegna vera betra til að halda við lífinu, heldur en andrúmsloptið. Það er og í raun og veru svo, að minnsta kosti í vissu tilliti. Og það er óhætt að segja, að því að eins verður lifað í andrúmsloptinu, að býsna mikið sè í því af eldlopti. Af þessum rökum er og eldloptið kallað lífslopt.

Eins og kunnugt er, eru mörg efni til í náttúrunni, sem náttúrufróðir menn kalla sýrur, t. a. m. saltpètursssýra, kolsýra, brennisteinssýra, o. s. frv. Í flestöllum af þessum sýrum er nokkuð af lífslopti, og með tilliti til þess er og lífsloptið kallað **sýrulopt** (*Oxygen*; **sýruefni**, *Surstof*).

Hver sem nú athugar það: 1. að bruni (það að líkami brennur) er ekki annað en sameiníng sýruefnis við einhvern annan líkama*), eins og nákvæmar verður skýrt frá í atriðinu um hitann, og 2. að lífið eyðir býsna miklu af sýruefni**), honum verður nærri því ósjálfrátt að spyrja: hvernig getur náttúran alltaf haft nóg til af þessari mikils-verðu lopttegund? — Sólskinið og hin grænu blöð og leggir jurtanna hjálpa henni til þess. Blöð og leggir jurtanna draga í sig kolsýru á næturnar (um kolsýruna verður bráðum talað), en þegar sólin fer að skína, sleppa jurtirnar aptur kolsýrunni og halda einúngis eptir kolefninu (kolefni er í raun og veru efni jurtanna). Hið losnaða sýruefni hverfur þá aptur út í andrúmsloptið.

Áður en vèr förum að sýna lesendum vorum aðferð til þess, að afla sèr þessarar lopttegundar, verðum vèr fyrst að kynna þeim

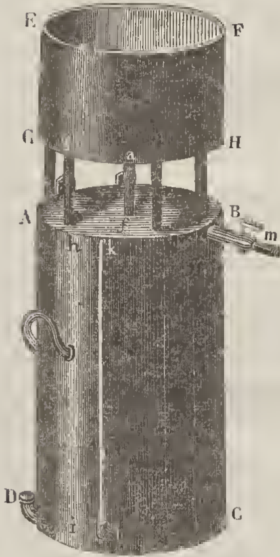
---

*) Hèr er talað um vanalega brennslu líkama, en í yfirgripsmeira skilníngi er sýruefnið ekki nauðsynlegt til brennslunnar; því þá verður bruni ekki annað en sameiníng 2 líkama með gagnstæðu rafurmagni, og þar af kemur hiti og ljós. *B. G.*

**) Loptið, sem maðurinn eða dýrið andar að sèr, dregst inn í lúngun, og þar blandast nokkuð af kolefni blóðsins saman við sýruefnið. Við það myndast kolsýra, og henni andar maðurinn eða dýrið aptur frá sèr. Þessi kolsýrumyndan er orsök til hitans á dýrinu.

tól eitt, sem mjög er áríðanda fyrir efnafræðíngana. Tól þetta heitir loptefnamælir (*Gasometer*), og er búið til úr tveimur sívölum eirstömpum, eða úr lituðu pjátri. Stærri stampurinn *A B C D* (110. mynd) er hafður 16 þumlúnga hár og 10 þumlúnga í þvermæli. Við *B* er stutt pípa lárètt út úr honum, og er hani í henni og skrúfan *m* framan á opi hennar. Við *D* er op nokkurt á stampinum og snýr það beint upp, og verður því lokað með tappa eða skrúfu. Minni stampurinn *E F G H* stendur á þremur stólpum, sem festir eru í lokið *A B*. Hann er 5 eða 6 þumlúnga hár. Pípurnar *af* og *yhi* eru til þess, að samgánga verði milli beggja stampanna, þegar maður vill það. Pípan *af* er öldúngis í miðjunni og nær ekki ofan í neðra sívalnínginn, en hin pípan *y h i* nær nærri því ofan í botn á honum. Skrúfan *m* er til þess, að maður geti skrúfað viðbót á pípuna *B*, þegar þess þykir þurfa. þegar maður ætlar að fylla stampinn *A B C D* með einhverri vissri loptegund eða loptsefni, þá er opinu *D* fyrst vandlega lokað, en öllum þremur hönunum lokið upp. Síðan er vatni hellt í efra stampinn og það látið renna ofan í hinn neðra, þángað til að það fer að renna út um pípuopið *m*. þá er þeirri pípu lokað með því, að hananum er snúið fyrir hana. Nú er stampurinn öldúngis fylltur, og við það fer allt lopt, sem eptir var í honum, út um pípuna *fa*. Seinast er hönunum snúið fyrir á pípunum *af* og *yhi*, en opinu *D* er lokið upp. Til enn meiri skýríngar, hversu hagnýta skal loptefnamælirinu, ætlum vèr nú að lýsa aðferðinni til þess að afla sèr lífslopts.

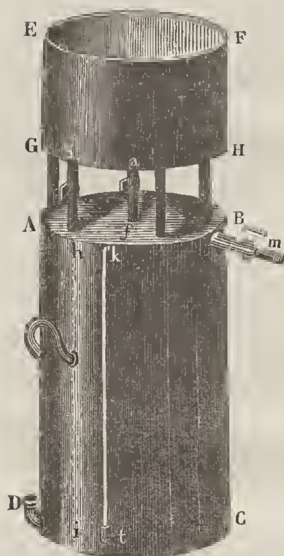
110. mynd.



þá tekur maður flösku úr steyptu járni, skammbyssupípu, korkstykki með gati á, beina glerpípu, dálitla pípu úr strokleðri (*gummi elasticum*), bogna glerpípu og eitt eða tvö pund af smá-

muldum brúnsteini. þegar búið er að láta brúnsteininn á járnflöskuna, þá eru þessir 6 hlutir festir saman í þeirri röð, sem þeir voru taldir upp í, og svo vandlega um búið, að hvergi komist lopt inn um nein samskeyti. þar næst er flaskan hituð í ofni. Á meðan flaskan hitnar, reynir maður aptur og aptur hvort ekki kviknar á glóanda trèspæni, sem borinn er fyrir opið á bognu glerpípunni, og þegar þar kemur að, er pípunni á sama augnabragði stúngið inn í opið *D* á neðra stampinum. (Allra fyrst, þegar farið er að hita járnflöskuna, kemur ögn af vatni fram um opið á bognu glerpípunni). Úr því svona er komið, er allt af loptbóla á ferðinni fram um pípnopið, og dragast þær saman efst í stampinum *ABCD*, og við það rennur alltaf meira og meira vatn út um opið *D*. Á glerpípunni *kt* sèst hvað mikið lopt er komið inn í stampinn, því hún gengur að ofan og neðan inn í hann, en liggur sjálf utan á honum. þegar loptið hættir að koma úr flöskunni, þá er hún tekin burtu með öllu því sem henni fylgir, og opinu *D* lokað. þessu næst er hananum á pípunni *gh* lokið upp, og sömuleiðis hananum á pípunni *Bm*. Streymir þá loptið út um opið *m*, og er þá hægt að taka það og nota til tilrauna þeirra, sem áður var á minnzt.

110. mynd.



Í flestöllum líkömum er sýruefni. Einna mest er þó af því í vatninu og andrúmsloptinu. það er smekklaust (bragðlaust) og litarlaust. Sýruefnið er notað til þess að lífga með hengda menn og kyrkta, og til þess að búa til mjög heitan eld, til að bræða ymsa líkami við. Sèrhver líkami, sem samlagast því, myndar sýruefniseiníngu, eða sýruefnisblöndu (*Surstof-forbindelse, Oxyd; Örsted* kallar það *Ilte*). Sýruefnisblöndunni verður á stundum samfara ljóss- og hitamyndun, en stundum ekki, t. a. m. þegar málmurinn ryðgar. Hver sem það veit, að engin sameiníng líkama getur orðið nema með sýruefni, hann mun láta

skynsemi og stillíngu ráða sèr, þá er eldsvoða ber að höndum, og jafnvel takast að slökkva eldinn áður en hann getur magnast. Vèr skulum t. a. m. ímynda oss, að eldur kæmi upp í kjallara undir húsi, og er þá ekki annað ráð betra, en að loka honum og teppa vandlega á honum allar rifur og göt, til þess að hamla loptinu sem mest frá að geta komizt inn í hann. Ef eldur kviknar í reykháf, þá er bezt að byrgja hann svo vel og fljótt sem unnt er, bæði að ofan og neðan. Við það sloknar þá eldurinn af sjálfum sèr, af því að hann vantar þá lopt til að lifa í, þegar hann er búinn að eyða sýruefninu í því lopti, sem inni var byrgt í kjallaranum eða reykháfnum.

Þegar maður veit í hvaða sambandi loginn er við sýruefnið, þá getur maður og sèð orsökina til þess t. a. m. hvers vegna að smiðurinn blæs belgnum svo ótt og títt, þegar hann ætlar að láta járnið fljótt verða glóanda við lítil kol; — hvers vegna að gullsmiðir blása svo títt í kveikíngapípuna, til þess að láta hina dýru málma bráðna; — hvers vegna að eldurinn logar þá betur í ofninum eða hlóðunum, þegar mikið lopt getur komizt inn í eldsneytið; — hvers vegna að eldsvoði er miklu hættulegri í hvössu veðri en í logni, o. s. frv.

b. KÖFNUNARLOPTIÐ.

Nú tökum vèr ker með andrúmslopti í, og reynum að brenna í því ljósbera (*phosphor*), eins og vèr gjörðum áður í sýruloptinu. En fyrst verðum vèr að búa svo um, að ekkert lopt komist utan að inn í kerið, hvorki á meðan á tilrauninni stendur nè á eptir, og að ljósberinn geti brunnið þángað til að það slokknar á honum af sjálfsdáðum. Þegar vèr erum búnir að gjöra þessa tilraun með ljósberanum, reynum vèr hvaða eiginlegleika loptið í kerinu hefir. Verður þá sá eiginlegleiki fyrst fyrir oss, að ljósberinn, þetta ákaflega eldfima efni, er ekki með öllu útbrunninn, og þó sáum vèr að eldurinn dó á honum af sjálfum sèr. Af þessu má nú ráða, að loptið í kerinu er eins andstæðilegt eldinum, eins og sýruloptið, eða lífsloptið, var honum eðlilegt og gott. Nú hleypum vèr lifandi mús inn í kerið og sjáum vèr þá, að hún lifir skamma stund, og kafnar nærri því undir eins. Það er því auðsèð, að þetta loptsefni er gagnstætt sýruloptinu: því þar getur ekkert dýr lifað í, og engin jurt þróast. Enda er og lopttegund þessi kölluð

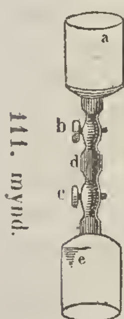
köfnunar eða dauðalopt (*Stikstoff*, *Azotluft*, *Qvælstof*). Vèr skulum nú athuga nokkur atriði um köfnunarloptið.

1. Köfnunarloptið, sem vèr fengum með því að brenna ljósbera (— til þess mátti allt eins vel brenna vínanda —), er nú enganveginn vel hreint, eins og það er í kerinu. Köfnunarloptið slökkur eld og drepur dýr áður en allt sýruloptið, sem saman við það kann að vera, er búið. En það má fá það öldúngis óblandað, með því að hrista saman mikið af andrúmslopti og uppleystu (runnu) brennisteinskalíum. Þetta kalíum eyðir sýruloptinu, og brennisteinsvatnsefni það, sem þá kemur fram, næst burtu með því, að hrista saman við það kalkvatn.

2. Köfnunarloptið er í sjálfu sèr ekki skaðvænt efni. Vèr megum ekki blanda saman þeim lopttegundum, sem í raun og veru eru eitraðar, og þeim, sem eru að eins óhæfar til að anda þeim að sèr. Hinar eitruðu gjöra undir eins hósta og andarteppu og spillíngar í lúngunum, eins og t. a. m. klórið og sýra sú, sem myndast, þegar brennt er brennisteini (t. a. m. eins og þegar kveikt er á eldspítum með brennisteini á). Hinar lopttegundirnar hafa þar á móti engin skaðvæn áhrif á lúngun, og óhætt er að anda þeim að sèr, þegar þær eru til hlítar blandaðar öðrum lopttegundum. Meðal þessara lopttegunda nefnum vèr hèr einúngis köfnunarloptið, kolsýruloptið (kolsýruna) og vatnsefnisloptið.

3. Hèrumbil $\frac{4}{5}$ af andrúmsloptinu eru köfnunarlopt, því í andrúmsloptinu eru 79 partar af köfnunarlopti, og 21 partur af lífslopti (sýrulopti), þegar farið er eptir fyrirferðinni, en eptir vigt er tiltalan 77 partar af köfnunarlopti og 23 af lífslopti. Allar þær tilraunir, sem gjörðar hafa verið til að rannsaka andrúmsloptið með hinum svo kallaða loptsgæðamæli (*Eudiometer*), hafa leidt að því, að þessi hèr greindu hlutföll milli sýrulopts og köfnunarlopts eru allstaðar á jörðinni eins, hvað hátt eða lágt sem reynt er í andrúmsloptinu, og á hverjum tíma sem er. Þó eru lopttegundir þessar ekki efnafræðislega (*chemisk*) blandaðar. Að lyktum ætlum vèr að benda lesendum vorum á eitt eptirtektavert atriði.

Vèr höfum hèr tvö ker, og er vatn í öðru en olía í hinu. Vèr hellum nú úr báðum kerunum saman í eitt ker, og verður þá olían í lagi ofan á vatninu. Líkt kemur og fram við alla aðra legi, sem ekki blandast saman efnafræðislega. Í glerkerinu *a* (í 111. mynd) höfum vèr nú vatnsefnislopt (*Vandstofgas*), en í glerkerinu *e* kolsýru. Að þèttleikanum til er varla hægt að fá tvær ólíkari lopttegundir. Vèr sameinum nú bæði kerin með pípunni *d*, og setjum þau þannig, að kerið með vatnsefnisloptinu sè ofar en hitt, eða svo, að kerið *e*, sem kolsýran er í, sè undir, en hitt ofan á. Þar næst er hönunum *b* og *c* á pípunni *d* lokið upp, og fer þá helmíngurinn af vatnsefnisloptinu ofan í það neðra. Það er með öðrum orðum, að hvor lopttegundin fyrir sig breiðir sig jafnt út í allt rúmið, eins og að hún væri alein. Sama kemur fram þó fleirum en tveimur lopttegundum sè blandað saman. Eins fer og gufan að.



111. mynd.

Auk sýruefnis og köfnunarlopts er og vatnsgufa og kolsýra í andrúmsloptinu, en það er mjög mis-mikið í því af þeim.

C. ELDFIMT LOPT.

Nú höfum vèr býsna vítt ker með mjórri pípu uppúr. Pípan er fyrst lokuð, en síðan ljúkum vèr henni upp og berum loganda ljós að opi hennar, kemur þá á hana bláleitur logi, heitur mjög, en ekki vel skær. Vèr sjáum, að það hlýtur að loga hèr á einhverri lopttegund, en þá er eptir að vita bæði hver hún er og hvernig hún er komin í kerið. Vèr höfum nú ekki gjört annað, en að vèr fylltum kerið eða flöskuna með vatni og brennisteinssýru, og lètum bitakorn af sínki (— það mátti allt eins vera járnsvarf —) þar ofan í. En þá fer sýruefni vatnsins inn í sínkið (eða járnsvarfið), og við það losnar loptsefni það, sem þar var fyrir, bólar upp og rennur út um pípuna eins og dálítil vindstroka. Það er þessi lopttegund, sem á logar, og er hún kölluð vatnsefnislopt (*Vandstofgas*). Eldfima loptið (ɔ: vatnsefnis-

loptið) er hvergi til í náttúrunni óblandað, heldur saman við ýms önnur efni*).

Vatnsefnið (*Hydrogen*), sem vèr könnumst nú við eins og eina lopttegund, er 13 eða 14 sinnum lèttara en andrúmsloptið. það er aðalefnið í líkömum dýra og jurta, og er litarlaust, lyktarlaust og bragðlaust. Ekki getur ljós lifað í því, og er það gott til að anda því að sèr. þegar 2 pörtum þess er blandað saman við 1 part af sýruefni, þá myndast hið svo kallaða hvellilopt (*Knaldluft*). það dregur nafnið af því, að ef í því kviknar þá verður við það hvellur mikill, sem opt getur og hefir orðið að óttalegu tjóni. Maður er því aldrei of-varúðarfullur eða aðgætinn við tilraunir þær, sem gjöra skal með hvellilopti. Andrúmsloptið t. a. m., sem allt af streymir jafnt og þètt út um pípuna á meðan á tilraun þeirri stendur, sem vèr sögðum frá seinast, getur auðveldlega sprengt bæði kerin fyrir oss, þegar sýruefni þess blandast saman við vatnsefnisloptið, ef vèr kveikjum of snemma á því.

Sú lopttegund, sem nærri því ætíð kemur upp, ef maður stíngur stafpriki til og frá ofan í forarpælu, heitir kol-vatnsefnislopt, eða olíulopt (*Kul-Vandstofgas*), og eru 4 partar í því af vatnsefni, en 2 af kolefni. Sumir hafa haldið, að lopttegund þessi væri orsök vafurloganna og annara slíkra eldglæringa, sem á stundum sjást yfir fenjum og foræðum, en það getur varla verið, af því að kol-vatnsefnisloptið (mundi ekki mega kalla það mýralopt? —) er ekki svo eldfimt, að það kvikni í því af sjálfu sèr. Vèr hljótum að kannast við, að vèr þekkjum ekki þá lopttegund, sem er orsök til þessara náttúruviðburða. Námaloptið er mjög svipað mýraloptinu, og eru í því 4 partar (vegnir) af vatnsefni, og 1 partur (veginn) af kolefni. Námaloptið myndast helzt í ýmsum námum og af rotnuðum líkömum. Ef að námaloptið blandast saman við andrúmslopt og eldur kemur nærri því, þá kviknar í því, og sprengir það þá allt frá sèr og getur ollað ógnarlegu tjóni. Af þessu sèst, hversu varúðarlampi Davys

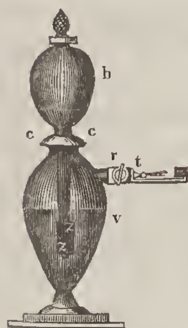
*) Örsteð kallar lopttegund þessa *Brindluft* eða *Brint*, og dregur það nafn af orðinu *Brand*. *B. G.*

er áríðandi fyrir alla námabúa. Uppgötvan sú, að enginn logi fer í gegnum smáriðinn þráðvef, er orsökin að þessi lampi varð til.

Enn verðum vèr að leiða athygli lesenda vorra að lýsigullseldfærunum (*Platinfyrtöi*), hinum mikla umbúníngi fyrir loptljós þau, sem höfð eru á borgarstrætum, í leikhúsum og víðar, og að flugbelgnum (*Luftballon*).

Lýsigullseldfærin eru nú svo víða tíðkuð, að vèr munum mega treysta því, að margir af lesendum vorum eigi kost á að sjá þau, eða hafi, ef til vill, sèð þau laungu fyr en þessa bók. Slík eldfæri eru hèr sýnd í 112. mynd. Hèr er þá fyrst að athuga kúluna *b*, sem er með laungum hálsi á. Undir henni er önnur svipuð kúla *v*, nokkuð stærri en *b*, og er hálsinum á kúlunni *b* stúngið ofan í hana, þó ekki svo lángt, að hann nái ofan í botn á henni. Nærri upp við opið á kúlunni *v* gengur út úr henni pípa ein í lárètta stefnu. Á henni er hani *r*, og örmjór stútur *t*. Nú er hellt vatni og brennisteinssýru í kúluna *v*, og á neðri endanum á hálsinum á kúlunni *b* er holur sívalníngur úr sínki, *zz*, og svo er gengið vandlega frá samskeytum kúlnanna, *cc*, að þau eru loptheld. Vatnsefnisloptið fer nú undir eins að myndast og rennur það upp eptir kúlunni *v*. Þrýstir það þá alltaf fastara og fastara ofan á löginn, og knýr hann upp í efri kúluna. Á endanum verður sívalníngurinn *zz* fyrir neðan sýruna, af því að vatnsefnisloptið knýr löginn svo fast, að hann fer allur upp fyrir sívalnínginn og þá hættir það að myndast. Sè nú hananum *r* lokið upp, þá streymir vatnsefnisloptið út um pípuopið *t*, og kveikir í dálitlum lýsigullsvetti (*Platinsvamp*), sem er rètt fram undan pípuopinu. Þó eldfæri þessi geti verið mjög svo ýmislega tilbúin, þá er þó aðalatriði þeirra jafnan hið sama, og einmitt það, sem nú hefir verið sagt.

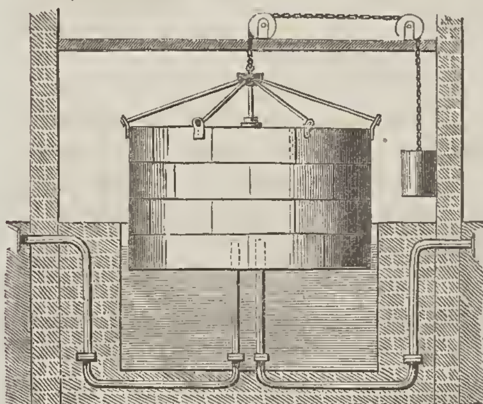
112. mynd.



Að framan hefir nú verið talað um hinn algenga loptsefnamæli. En það er ekki sá loptsefnamælir, sem nú er mest tíðk-

aður við loptljósin og sem hèr er sýndur í 113. myndinni. Þar er fyrst að athuga sívalníng einn, sem optast nær er hafður úr pjátri, og að minnsta kosti 30 feta að þvermáli. Að ofanverðu er hann vandlega lokaður, og síðan settur ofan í feykilega stórt ker, fullt af vatni. Með þúnga sínum heldur hann kol-vatnsefnislopti (mýralopti) því, sem inn í hann rennur úr þar til gjörðum umbúníngi, undir meira en einfaldri andrúmslopts - þrýstíngu. Vegna þessa verður og vatnið töluvert hærra í kerinu fyrir utan sívalnínginn, en innan í honum, eins og myndin sýnir. Þar að auki sýnir og myndin: 1. þúnga einn, sem sumpart lèttir þrýstínguna á lopttegundina, sumpart gjörir hana reglubundna, og 2. pípur þær, sem liggja neðan að og ná upp úr vatninu innan í sívalníngnum og skiptast í margar blýpípur eða pípur úr hvítu pjátri, sem liggja að lampanum. Í því augnabragði, sem hananum er snúið frá á pípum þessum, streymir lopttegundin út með þeim hraða, sem svarar þrýstíngunni í loptsefnamælinum. Menn verða að gæta þess, þegar sívalníngurinn er fylltur, að tólin, sem lopttegundin myndast í, komist í samband við rúmið innan í loptsefnamælinum. Loginn á mýraloptinu er hið fegursta ljós, og er bæði reykjarlaust og lyktarlaust.

113. mynd.



FLUGBELGURINN (*LUFTBALLON*).

Snemma hafa menn farið að reyna að fljúga í loptinu, eins og fuglarnir. Það sýnir sagan um þá feðga *Dædalus* og *Ikarus* hjá Grikkjum. En flestar af þessum tilraunum mistókust, og urðu þeim að bana sem rèðust í þær. Dæmi þeirra manna var því ekki mjög tælanda fyrir aðra. En þegar *Cavendish*, enskur maður, hafði uppgötvað, árið 1766, að eldfima loptið væri

10 eða 12 sinnum lèttara en andrúmsloptið, þá fóru menn aptur að byrja á þessum flugtilraunum. Doktor *Black* í Edínaborg fann það fyrstur með reikníngi, að blaðra full af eldlímu lopti yrði að fljúga upp ef hún væri í andrúmslopti. Nú fóru bæði hann og aðrir að rannsaka þetta með tilraunum. En þeir komust ekki lengra en svo, að þeir lètu sápubólur, fylltar með eldlímu lopti, fljúga upp í andrúmsloptið, og sáu þær rekast upp undir loptin i herbergjum sínum og springa þar.

Bræðurnir Stefán og Jósep *Montgolfier* eru því i raun og veru höfundar flugbelgjarins. Í miðjum nóvembermánuði 1782 heppnaðist eldra bróðurnum að láta háfan belg, strókmyndaðan, úr Lýonar-silki, sem var 40 teníngsfet að innanrúmi, fyrst fljúga upp undir loptið i herbergi sínu, og síðan 36 feta hátt upp undir berum himni. Þetta gjörði hann með því, að þynna loptið innan í stróknum með logandi brèfum. Seinna flaug upp önnur strókmynduð kúla, sem var 650 teníngsfet að innanrúmi. Nú fengu bræðurnir djörfúng til að gjöra stórkostlegri tilraun. Þeir bjuggu til belg úr lèreptum, og fóðruðu hann að innan með brèfum; hann var 110 feta að ummáli og hèrumbil 23000 teníngsfeta að innanrumi, og vóg sjálfur ekki yfir 500 pund. Loptið innan í honum var nokkuð meira en 2000 punda þúngt. Ef vèr gjörum nú ráð fyrir, að eldur, sem kyntur væri neðan undir opi belgjar þessa, hafi þynnt loptið til helmínga, þá hefði belgurinn með öllu saman orðið hèrumbil 1500 punda þúngur, og þess vegna að minnsta kosti 500 pundum lèttari, en jafnrými hans af hinu lægra andrúmslopti. Það fór nú eins og bræðurnir höfðu ímyndað sèr: belgurinn, sem hafði verið hengdur upp á mátulega háfar tröunur, þandist smátt og smátt upp á meðan að eldurinn var kyntur, og varð slèttur að utan. Þegar búið var að leysa reipin, sem belgurinn hafði verið bundinn niður með, flaug heljarvèl þessi upp i loptið í augsýn mikils manngrúa, og áður en 10 mínútur voru liðnar var hún komin hèrumbil 6000 feta hátt í lopt upp. Hún kom niður aptur 7200 feta lángt frá þeim stað, sem hún flaug upp frá. Þessi tilraun var gjörð 5. dag júnímánaðar 1783 hjá *Annonay* í Suður-Frakklandi. Varð þá mörgum tíðrætt um flugbelginn eptir þetta, og margir fengu nú nóg að hugsa. Meðal þeirra er Karl (*Charles*) prófessor merkilegastur orðinn og frægastur, því það var hann sem fyrst hugsaðist að hafa vatnsefnislopt til að fylla belginn með, því hann sá hættu þá og vandkvæði,

sem var á flugbelgjum bræðranna. Hann sá, að það var hættuefni að þurfa að kinda eld undir belgnum, því þá gæti svo auðveldlega kviknað í honum, en örðugleikinn var mestur í því fólginn, að þegar maður vildi knýja belginn hærra, þá varð að auka eldinn, en mínka hann, þegar niður skyldi fara. Þegar hann ætlaði nú að láta belg með vatnsefnislopti fljúga upp í loptið, þá varð hann fyrst og fremst að sjá um, að belgurinn væri vel loptheldur. Eptir ýmsar tilraunir bjó hann á endanum til belg úr silkidúk, og huldi hann allan utan með fjaðurmögnuðum harpix (viðarfeiti). Tilraunin fór vel: 22. dag ágústmánaðar 1783 var belgurinn fylltur, og eitt fallbyssuskot var merkið, sem sagði til nær hann átti að fara á stað. Í sama augnabragði sveif belgurinn tignarlega upp í loptið, og var eptir 2 eða 3 mínútur kominn 3000 feta hátt. Hvarf hann þá á bak við ský eitt, kom svo bráðum aptur í augsýn, og sveif stundarkorn fyrir augum áhorfendanna. Loksins hvarf hann með öllu, og kom svo sem þrem fjórðúngum stundar seinna niður hjá bæ einum, sem var 2 mílna lángt frá Parísarborg. Tveir bændur voru staddir á akri þar sem belgurinn kom niður. Þeir urðu ákaflega hræddir og köstuðu grjóti á „skrýmslið", en þorðu hvergi nærri að koma. En þegar þeir sáu að þetta lá öldúngis kyrt, þá herti annar þeirra upp hugann og gekk að belgnum, og leit jafnvel inn um rifu eina, sem á hann hafði komið. En sú forvitni hefði vel getað orðið honum að bana; því enn var nokkuð eptir í belgnum af eldfima loptinu. — Bændurnir hnýttu þá báðir „skrýmslinu" aptan í múlasna, og drógu það með þeim hætti heim á hlað hjá sóknarprestinum sínum.

Nú var hver flugbelgurinn búinn til eptir annan. Fáeinum vikum seinna bjó annar þeirra bræðranna *Montgolfier* til 60 feta háfan flugbelg, og 40 feta að þvermáli. Hann lèt þann belg fara upp nálægt Versölum, og hengdi neðan í hann körfu, sem í voru önd og hani. Þau voru bæði óskemmd þegar belgurinn kom niður aptur. Nú lögðu þeir ráð saman *Montgolfier* og *Pilatre de Rozier*, og fóru að hugsa um að fara sjálfir upp í körfunni. Rozier tamdi sèr hina nýju list á degi hverjum, og hafði með sèr eldsneyti, til þess að geta haldið eldinum við og verið lengur á fluginu. Það var hinn 21. dag nóvembermánaðar 1783, sem *Rozier* og *d' Arlandes* svifu þannig í lopt upp í augsýn óteljandi áhorfenda. Mitt á milli nóns og miðmunda stigu þeir hjá höllinni

La Muetta upp í flugbelg, er þeir höfðu fyllt á 8 mínútum með þynntu andrúmslopti. Til þess að prófa aflið, sem belgurinn flýgi upp með, hafði Montgolfier skipað að losa ekki belginn þá þegar. En við þá áreynslu kom dálítil rifa ofan til á belginn. Margur hefði nú efalaust látið sèr þetta að kenníngu verða, og ekki látið sèr koma til hugar að reyna þetta voðalega fyrirtæki framar. En *Rozier* og *d' Arlandes* lètu ekki hugfallast, heldur bættu þeir rifuna hið skjótasta, stigu síðan upp í bátinn, sem á honum hèkk, og svifu upp í loptið. Bráðum komust þeir svo hátt, að þeim sýndist mannþyrpíngin eins og dálítill flugnahópur, og seinast mistu þeir öldúngis sjónar á honum. *D'Arlandes* varð svo frá sèr numinn, af því er fyrir augun bar á leiðinni, að *Rozier* varð að minna hann á hvað hann ætti að gjöra. Hann kynti þá eldinn betur, svo að belgurinn flaug í einni svipan áfram upp í loptið. Heyrðu þeir þá braka í belgnum og urðu varir við einhvern undarlegan skjálfta. Í annað sinni heyrðu þeir hrykta í belgnum, og sáu þá að farin voru að koma á hann smá göt í kríngum eldinn. Þeir slökktu þá eldinn og bjuggust til að fara ofan aptur, og nutu bráðum þeirrar ánægju að stíga aptur fæti á jörð eptir 25 mínútur. Manngrúinn þyrptist utan um þá og *d'Arlandes* var nærri því borinn á höndum heim til konúngshallarinnar. Á leiðinni upp hafði einusinni verið nærri því kviknað í *Rozier*, svo hann hafði orðið að fara úr frakkanum, og gat svo ekki komið fram í mannþraungina snöggklæddur, og leyndist á burtu. En skrýllinn náði frakkanum, reif hann í sundur og barðist svo um rifrildin, því allir vildu eiga dálítið til menja af honum.

Nokkrum dögum síðar, eða hinn 1. dag desembermánaðar, gjörðu þeir Karl og Róbert ferð sína í flugbelgnum. Þeir fylltu belginn með vatnsefnislopti og stigu í bátinn á honum undir beru lopti. Svifu þeir með fjarskalegum hraða 1800 feta hátt í lopt upp, og voru þar 300,000 áhorfenda við staddir. Komust þeir skjótt úr augsýn áhorfendanna, og svifu stundarkorn um geiminn, án þess að þekkja hættu þá, er þeim gæti þar verið búin, og hresstu sig á mat og drykk, eins og ekkert væri um að vera. Þegar þeir komu niður aptur, fór Róbert þegar heim til sín. Karl varð þar á móti eptir í bátnum, því hann ætlaði þegar um hæl upp aptur. En það lá við sjálft, að þessi dirfska hans riði honum að fullu. Belgurinn var orðinn eitthvað 13 eða 14 fjórðúngum lèttari við það, að Róbert var ekki í honum, og þaut því

á fáeinum augnabrögðum 9000 feta hátt upp í loptið, svo hann hefði í einni svipan orðið að rifna, ef Karl hefði ekki verið svo heppinn, að ná í hana einn, sem á belgnum var, og getað hleypt þar út nokkru af lopti. Að hálfri stundu liðinni kom hinn hugaði Karl niður aptur á jörðina.

Af hinum síðari er enginn eins frægur orðinn og Blankarð (*Blanchard*) fyrir tilraunir sínar og áhuga á list þessari. Hann hafði vængi og stýri á flugvèl sinni, eins og 114. myndin sýnir.

114. mynd.



Með því ætlaði hann að hann mundi geta farið eins og hann vildi, upp og ofan og í ýmsa króka, en það tókst ekki nærri því eins vel og hann hafði ímyndað sèr. Þegar hann var opt búinn að reyna sig í þessari hinni nýju list, ásetti hann sèr einusinni að fljúga yfir Bretlandssund (*Kanal*), sem er 5 vikna breitt. Þessa ferð fór hann og 7. dag janúarmánaðar 1785 um miðmunda. Fullhuginn doktor Jeffrís, ættaður úr Vesturheimi, fór með honum. Þegar þeir fóru af stað stóð manngrúinn, sem saman var kominn til þess að horfa á þessa nýstárlegu sjón, öldúngis þegjandi og mændi vonglöðum forvitnis-augum á eptir loptfaranum. En þegar Blankarð var kominn á fljúgandi ferð upp í loptið, þá hóf hann upp merki sitt í loptknerrinum, og er mannþyrpíngin sá það, gall hún við með hrynjanda fagnaðarópi, svo að loptið titraði hvervetna fyrir. Blankarð var 2 stundir 32 mínútur á leiðinni og lenti með heilu og höldnu skammt frá *Calais* (Kalē). Þar var honum tekið tveim höndum, og á meðan hann fór inn í borgina var öllum klukkum hríngt, og fallbyssuskotin dunuðu honum til virðíngar; síðan var hann gjörður að heiðursborgara í Calais.

En ekki hafa allar loptferðir tekizt svona vel. *Rozier* ætlaði t. a. m. að blanda saman þynntu andrúmslopti og vatnsefnislopti, og hafði belgina tvo, hvorn upp af öðrum. Hinn efra fyllti hann með þynntu andrúmslopti og hinn neðra með vatnsefnislopti. En þetta var eins og að byggja ofn undir púðurhúsi, og hann lèzt á leiðinni yfir Bretlandssund, þá er hann ætlaði í loptfaranum yfir um frá Frakklandi til Englands.

Áður en vèr ljúkum máli voru um flugbelginn, ætlum vèr að búa oss til þrjár spurníngar, og leysa úr þeim. 1. Hvað miklum þúnga getur flugbelgur á vissri stærð haldið?

2. Hvernig er flugafli belgjarins varið? 3. Hvernig fara menn nú á tímum að því, að láta flugbelginn fara upp og ofan að vild sinni?

Vèr ætlum að svara fyrstu spurníngunni með tveimur dæmum. Annað dæmið tökum vèr af flugbelg, sem fylltur var með vatnsefnislopti, og hitt af öðrum belg með andrúmslopti í. Fyrri belgurinn var ein 5 fet að þvermáli; hann var látinn fljúga upp í Brúnsvík árið 1784. þessi belgur var 1 punds og 8 lóða þúngur, og tók hèrumbil 5 pund og 20 lóð af andrúmslopti. Ef vèr drögum nú 1 pund og 8 lóð frá 5 pundum og 20 lóðum, þá verður afgángurinn 4 pund og 12 lóð, og er þá belgurinn 4 pundum og 12 lóðum lèttari en jafnrými hans af vanalegu andrúmslopti. En nú var vatnsefnisloptið í belgnum 1 pund og 12 lóð. þegar það er dregið frá afgánginum sem áður varð, þá verða 3 pund eptir, og það er einmitt flugafl belgjarins. — Stóri flugbelgurinn, sem *Montgolfier* lèt fara upp í loptið 5. dag júním. 1783, var 35 feta í þvermál og 500 punda þúngur. Slíkur belgur verður hèrumbil 1656 pundum lèttari en jafnrými hans af vanalegu andrúmslopti (11 teníngsfet af því eru vön að vega 1 pund). þó var flugafl belgjar þessa ekki svona mikið, því loptið í honum var ekki þynnt nema til helmínga og var því að minnsta kosti 1078 punda þúngt. En þegar þessi 1078 pund eru dregin frá 2156 pundum, þá verður afgángurinn 578 pund, og það er flugafl belgjarins.

Undir eins og belgurinn er kominn á ferðina upp, kemur hann í þynnra lopt, sem þrýstir minna ofan á hann. Væri hann því vel fylltur, mundi loptið innan í honum þenja belginn svo fjarskalega út, að hætt yrði við að hann rifnaði. Helztu varúðarreglur við þessu eru: 1. Að hafa hana á belgnum, svo maður geti ætíð hleypt svo miklu lopti út úr honum, sem vill; 2. að belgurinn sè allra fyrst ekki mjög harðfylltur upp af vatnsefnislopti; sè t. a. m. flugbelgurinn hálffylltur af vatnsefnislopti á meðan hann liggur á jörðinni, þá fer hann þó upp, og því hærra sem hann kemst, því meira þenst hann sundur.

Ýms ráð eru höfð til þess að geta hækkað og lækkað flugbelginn í loptinu. Eitt af þeim er það, að hleypa loptinu út smátt og smátt. Annað ráð er það, að hafa með sèr sandpoka nokkra, og varpa sumum þeirra útbyrðis, þegar maður vill hækka sig. En hvað hátt, sem farið er, þá er þó aldrei vert að kasta

öllum þínganum burt úr loptknerrinum, því með sandpokunum, eða hvað það er, má ætíð halda jafnvægi á sèr í loptinu. Híngað til hefir mönnum ekki tekizt að stýra loptknerrinum, nema þegar menn hafa hitt á hentuga vinda, til að bera sig þángað sem fara skyldi. Hèr verður hvorki komið við stýri nè árum, og það er einmitt mesta vandkvæðið á flugbelgjunum.

Garnerin reyndi til að sameina loptförunum þá íþrótt, að geta dottið frá ærinni hæð að ósekju. Síðan fóru aðrir að reyna það. Til þessa notuðu þeir fallhlífina, sem hèr er sýnd í 115. myndinni. þegar hún er lögð saman, fer mjög lítið fyrir henni, en þegar hún er spennt út, leggur hún undir sig mikið loptssvið, og þess vegna veitir og loptið henni mikla fyrirstöðu. 25. dag októberm. 1797 fór Garnerin niður frá 1200 feta hæð með fallhlífinni, og kom óskemmdur ofan á jörðina.

115. mynd.



Nú á tímum eru loptfarirnar ekki svo mjög tíðkaðar sem áður, enda ríður ekki mikið á þeim, á meðan þær eru ekki til annars en að skemta mönnum. *Franklin* kallaði þessa íþrótt á sínum tíma barn, og vonaði að hún mundi síðar verða mikill maður. En sú von Franklíns er ekki farin að rætast enn. því verður reyndar ekki neitað, að loptfarir hafa verið notaðar til vísindalegra rannsókna, til þess að athuga loptsþýngdarmælirinn, hitamælirinn, rafurmagn, o. s. frv., hátt í lopti uppi. En lítil not hafa þó orðið að rannsóknum þessum, bæði þess vegna, að góðir náttúrufræðíngar hafa svo sjaldan farið í þessar loptfarir, og svo þess vegna, að allar athuganir verða mjög erfiðar á svo ókyrrum stað, eins og loptknörrinn er.

d. KOLSÝRAN.

Sè nokkrir dropar af þynntri brennisteinssýru látnir drjúpa á krítarmola, þá sýður á krítinni, og við það myndast öldúngis ný lopttegund, sem vèr erum enn ekki búnir að virða neitt fyrir oss. Lopttegundar þessarar má og á líkan hátt afla sèr úr kalki, marmara og fleirum slíkum líkömum. Hún myndast og við það, er vanalegum steinkolum er brennt.

1. Lopttegund þessi er kölluð kolsýra (*Kulsyre*), og er í henni 1 partur af kolefni (*Kulstof*), en 2 partar af sýruefni (*Surstof*).

2. Kolsýran er meira en 1½ sinni eins þúng og andrúmsloptið, og þess vegna má láta hana úr einu íláti í annað, rètt eins og vatn að sínu leyti. Ljósið deyr á augnabragði í kolsýrunni, og eins t. a. m. mús eða hvert annað dýr, sem í hana er látið.

3. Kolsýran er aðalatriðið í mörgum af heilsubrunnum vorum og drykkjum, t. a. m. í allskonar öli og ölkeldum. Þess vegna á og sá maður hægt með að búa til ölkelduvatn, sem vel er orðinn kunnugur eðli kolsýrunnar.

4. Ekki er það kolsýran sjálf, sem gefur hinn bláa loga, er vèr sjáum á kolaglæðum. Það er vegna kolsýrunnar, að ekki má loka spjöldum í ofnum fyr en kolaglóðin er með öllu útkulnuð, og að glóðarker eru mjög háskaleg inni í hýbýlum manna.

5. Kolsýran á mjög heima niðri í jörðinni, eða á þeim stöðum, sem enginn súgur er á. Í því tilliti er Hundahellirinn við *Neapel* harðla eptirtektaverður, því á botni hans er heilt lag af kolsýru.

7.

SPURNÍNGAR TIL AÐ RIFJA UPP EPTIR.

Hvað er loptið (ɔ: andrúmsloptið; — *Atmosphære*)? Hvernig verður tilvera þess sönnuð? Hverjir eru hinir helztu eiginlegleikar þess? Hverjar eru einkunnir hins hreina lopts? Hvenær er það einkum, sem loptið blandast ymsu sem því er óviðkomanda? — Hvernig er sagan um upphaf loptsþýngdarmælisins? Hvað er einkum varúðarvert við tilbúníng hans? Hvað höfum vèr minnzt á margar tegundir hans? Hvernig sýnir loptsþýngdarmælirinn mun á loptsþrýstíngunni: 1. á ymsum tímum á sama stað, og 2. á ymsum stöðum á sama tíma? Af hverju verðum vèr ekki varir við loptsþrýstínguna á sjálfum oss? Hverjar eru hinar helztu reglur við hæðamælíngar með loptsþýngdarmæli? — Hverjir eru hinir helztu partar loptsdælunnar? Hvernig verður loptið þynnt með henni? Hvers vegna verður loptinu ekki náð með öllu undan dæluhjálminum? Hvernig er farið að sjá hvað mikið loptið hefir þynnzt? Hvaða tilraunir hafa sýnt oss loptsþrýstínguna og þenslu þess? eða þýngd þess? Hvernig er loptsþèttíngardælan? Hvernig er tilraununum á hana varið? — Hvað er hefjandi, og hvernig á töfrasýgillinn skylt við beina hefjandann? Hvernig er soghefjand-

inn? því heldur lögurinn alltaf áfram að renna um hann? Hvað er athuganda við töfrabikarinn? Hvernig er Heronsbrunnurinn? Hvað er athuganda við Kartesíuspúkann? — Hvernig er vindbyssan? Hvernig er sogdælan? Hvernig er slökkvitólið (báldrepurinn)? — Hvernig förum vèr að, til að finna eiginlegleika lífsloptsins? Hvernig verður þess aflað? Hvernig fer náttúran að því, að hafa ætíð nóg til af lífslopti? Hvernig getur maður útvegað sèr köfnunarloptið? Hverjir eru hinir helztu eiginlegleikar þess? Hvaða lögmál nefndum vèr fyrir þenslu lopttegundanna? Hverjir eru eiginlegleikar eldfima loptsins? Hvernig verður þess aflað? Hvað sögðum vèr um mýraloptið (kol-vatnsefnisloptið)? Hvernig eru lýsigullseldfærin? eða loptljósatólin? — Hvernig leiddust menn til hugmyndarinnar um flugbelginn? Hverjar loptfarir gátum vèr um elztar? Hvernig verður það fundið með reikníngi hvað svo eða svo stór flugbelgur geti borið? Hvaða ráð eru til að fara svo hátt eða lágt upp í loptið, eins og vill? Hvernig er fallhlífin löguð? — Hvað var hèr minnzt á kolsýruna? Hvað er eptirtektaverðast um hana?

FIMTA ATRIÐI.

HLJÓÐIÐ.

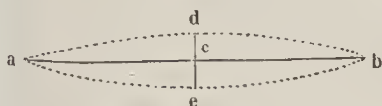
1.

UPPRUNI HLJÓÐSINS.

Ef vèr drögum bogann yfir lángspilsstrenginn, þá heyrum vèr það; það er með öðrum orðum, að þá kemur fram hljóð, og þetta hljóð helzt svo lengi sem strengurinn er ókyrr (titrar eða hristist). — Ef vèr stráum smáum sandi utan á klukku og sláum svo á hana, þá komast sandkornin á hreifíngu, og hoppa upp, nema á vissum stöðum, og á meðan sandkornin eru ókyr varir og hljóðið í klukkunni. — En hvernig stendur nú á þessu? — Því svörum vèr þannig: Á meðan klukkan gefur af sèr hljóðið, kemur svipaður hristíngur fram á henni, og vèr sáum áður á lángspilsstrengnum. Þessi hristíngur (titríngur) á klukkunni lýsir sèr einmitt á sandkornunum. Með tilliti til þessa getum vèr nú fyrst sagt: að hljóðið komi af hristíngi (skjálfta, titríngi) stæltra líkama. Ef vèr hèr að auki aðgætum nú hurðarmarrið, blísturhljóðið, eða þau hljóð, sem koma af að loptið streymir í gegnum einhverja þraunga rauf eða pípu, brakhljóðið, bresthljóðið, o. s. frv., þá sjáum vèr, að hljóðið kemur ekki einúngis af titríngi þeirra líkama, sem vèr erum vanir að kalla fjaðurmagnaða (stælta), heldur og af titríngi eða hristíngi þeirra líkama, sem vèr köllum óstælta eða mjög lítið stælta.

En strengsveiflan eða strengsveifíngin er hin einfaldasta orsök hljóðsins. Vèr skulum nú hafa þaninn streng *ab* (116. mynd), og taka í miðjuna á honum, svo að hann liggi eins og púnktalínan *adb* sýnir. Það er fjaðurmagn strengsins, sem knýr hann til baka, undir eins og honum er sleppt, og fer

116. mynd.



hann þá allt af með jafnt vaxanda hraða, unz hann nær legunni *acb*, sem var upphafleg lega hans. En samkvæmt lögmáli hreifíngarinnar, sem áður hefir verið skýrt frá hèr að framan, getur þó strengurinn ekki numið þar staðar, heldur fer hann áfram með jafnt mínkanda hraða, þángað til hann nær legunni *acb*. þegar hann kemur híngað, fer hann undir eins til baka aptur sömu leið og áður, og svo til og frá, svo að strengurinn sveiflast eða veifast með jafnt mínkanda hraða til og frá, þángað til að hreifíngarmegn hans að lokunum verður = 0. Orsakirnar til þessa höfum vèr áður sýnt, þar sem talað var um hengilinn. Vèr sleppum þeim þess vegna núna og getum þess einúngis: að hreifíng strengjarins frá legunni *adb*, þángað til hann kemur þángað aptur, er kölluð veifíng eða sveifla, og stund sú, sem það stendur, er kölluð veifíngartími eða sveifludvöl.

Til þess að gjöra oss ljósa hugmynd um uppruna hljóðsins tökum vèr býsna lánga málmstaung, sem allstaðar er jafn-digur, og festum annan enda hennar í skrúfuklömbrur (skrúfstykki), en látum hinn endann vera lausan. Síðan drögum vèr lángspilsbogann um staungina, og höfum nóga myrru á boganum. það sem nú er mest í varið er það, að vèr getum talið veifíngar stángarinnar, og sèð hvernig tíðleiki þeirra er hljóðinu samsvarandi. það er hægt að hafa staungina svo lagaða, að hún fari eina veifíngu á sekúndunni. Síðan styttum vèr hana smátt og smátt niður til $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, o. s. frv., og kemur það þá fram, að því styttri sem staungin er, því tíðari eru veifíngar hennar, svo að þegar öll staungin veifast einusinni á sekúndu, þá veifast helmíngar hennar 4 sinnum, þriðjúngurinn 9 sinnum, fjórðúngurinn 16 sinnum, fimtúngurinn 25 sinnum á sekúndu, o. s. frv. Í staðinn fyrir málmstaung má og hafa þráð við tilraunir þessar; er þá öðrum enda þráðarins bundið utan um stólbak t. a. m., en hinn endinn er látinn liggja yfirum annað stólbak, sem á að vera hèrumbil 16 feta lángt frá hinum stólnum, og neðan í þenna endann er bundið eitthvað eins punds þúngi, til þess að þráðurinn sè þaninn og hvergi slaki á honum. Að svo búnu er þráðurinn tekinn upp í miðjunni, og sleppt svo niður aptur allt í einu; er þá hægt að telja veifíngar hans, sem nú koma hægt og hægt hver á eptir annari. Veifíngarnar verða og því tíðari á þræð-

inum, sem hann er meira styttur (þ. e. stólarnir færðir hvor nær öðrum), jafnvel þó þær verði það aldrei eins og á málmstaunginni. Ef þráðurinn allur hreifist eina veifíngu á sekúndunni, þá hreifist helmíngurinn tvær, þriðjúngurinn þrjár, fjórðúngurinn fjórar, fimtúngurinn fimm veifíngar á sekúndu, o. s. frv. Þessar tilraunir sýna nú meðal annars, að það eru ekki allir líkamir, sem gefa hljóð af sèr, þó þeir veifist, heldur kemur hljóðið þá fyrst, þegar veifíngarnar koma hver á eptir annari með vissum hraða. Vèr heyrum ekkert hljóð koma úr málmstaunginni, hvorki allri, helmíngi hennar, þriðjúngi, fjórðúngi, nè fimtúngi. Þeir menn, sem með miklum áhuga og alúð hafa rannsakað eðli hljóðsins og lögmál þau, sem það fer eptir, segja, að til þess að hljóð komi úr líkamanum þurfi hann að minnsta kosti að veifast 32 sveiflur á sekúndunni. Þetta kemur og saman við vora eigin reynslu; því þá fyrst kemur hljóðið úr staunginni þegar hún er stytt í sjöttúng, en þá fer hún hèrumbil 36 veifíngar á sekúndu.

Þegar vèr erum nú gengnir úr skugga um það, að hljóðið kemur af tíðum veifíngum (hristíngi, skjálfta, titríngi) fjaðurmagnaðra líkama, þá ber og að gæta þess, að það er ekki síður bundið við tilveru loptsins. Vèr getum og reynt það án mikillar fyrirhafnar. Sè t. a. m. klukka hengd undir hjálminn á loptsdælunni, þá kemur ekkert hljóð úr henni, þó henni sè hríngt, eptir það að búið er að tæma loptið undan hjálminum. En mikillar varúðar þarf við þessa tilraun, því það er svo hætt við að glerhjálmurinn brotni þá að minnsta kosti, þegar hríngja skal klukkunni. —

Það er og athuganda, að hljóðið hefir ýms nöfn: 1. Tónn (*tonus*) heitir það, þegar hæð þess og dýpt verður ákveðin eptir reglum saunglistarinnar. 2. Hávaði er önnur grein hljóðs, en hann getur aptur ýmist verið: þytur, blístur, suða, dynur, brak, skellur, brestur, eða eitthvað annað þesskonar. 3. Þegar einhver ein af veifíngum þeim, sem berast að hlustum vorum, er svo löguð, að allar hinar, sem á eptir koma, hverfa eins og inn í hana, svo að vèr tökum ekki eptir þeim, þá er það kallað hvellur. 4. Rödd er hljóðið kallað, þegar það kemur frá einhverju dýri. 5. Hljóm-

ur er og enn ein grein hljóðs, en það er hægra að finna en að segja hvernig henni er varið*).

2.

BURÐUR HLJÓÐSINS.

það er titríngur eða skjálfti á heyrnartólunum, sem gjörir vart við hljóðið, og þessi titríngur hlýtur að vera sprottinn af einhverri hreifíngu. Vèr spyrjum nú: hvar er þessi hreifíng, sem gjörir titríng á heyrnartólunum? — Svar: hún verður fyrst og fremst að vera á þeim líkama, sem hljóðið kemur frá. Vèr skulum nú reyna til, að gjöra oss nokkra grein fyrir því, hvernig hljóðið fer að berast frá upptökum sínum að eyrum dýra og manna.

Fyrst skulum vèr þá athuga fallbyssuhvellinn, og ímynda oss, að hann komi af einúngis einni veifíngu (sveiflu) á líkamanum. Í sama augnabragði og í púðrinn kviknar, og kúlan flýgur út úr byssunni, þá fer allt loptið burt úr byssupípunni, og annað lopt streymir í sömu svipan inn í hið tóma rúm. Við þetta þynnist þá auðsjáanlega loptið næst í kríngum byssuna, en það þèttist á augnabragði aptur, eins og áður í byssupípunni, því alltaf kemur nýtt lopt að, í stað þess er burtu fór. þannig fylgir þá þynníng og þèttíng loptsins hvor annari í einni svipan. Sè nú loptið í kríngum líkamann, sem hljóðið kemur frá, hvervetna öldúngis eins, þá berst þessi þynníng og þèttíng öldúngis jafnt út á alla vegu frá honum, og við það kemur öldugángur á loptið í kríngum þenna líkama, svo að upptök hljóðsins verða í miðdepli loptaldanna. Loptið reynir ætíð að komast í jafnvægi, undireins og það hefir einhverstaðar þynnzt eða þètzt umfram það sem því er eðlilegt. það er því þessi hin reglubundna þynníng loptsins og þèttíng, sem flytur eða ber hljóðið. Við þetta bætum vèr því tvennu: 1. að tvær þynníngar og þèttíngar loptsins, sem eiga saman, eru einu nafni kallaðar **hljóðalda**, og 2. að sú beina lína, sem kemur þverbeint á

*) Sumir lýsa því svo, að þeir segja: hljóð er allt, sem heyrist (ↄ: allt sem eyrað verður vart við); hljómur er varanda hljóð; tónn er alkunnur og ákveðinn hljómur.

flöt hljóðöldunnar, heitir **hljóðgeisli**. Hljóðgeislinn sýnir optast nær stefnuna, sem hljóðið fer í.

Ölduhreifíng vatnsins er í mörgu tilliti svipuð loptöldunum, sem bera hljóðið út. Þegar steini er kastað í vatn, þá sèst það, að í kríngum þá báru eða hríng, sem fyrst kemur á vatnið, myndast annar, og svo hinn þriðji þar utan um, þá hinn fjórði þar fyrir utan, o. s. frv., og að hríngbárur þessar verða því víðari og því veikari, sem lengra dregur út frá miðdepli þeirra (ɔ: þeim depli, sem steinninn snart vatnsflötinn í). En hèr kemur enginn straumur eða rennsli fram, og maður má ekki ætla að hljóðöldurnar myndist öldúngis eins og vatnsöldurnar. Vatnsöldurnar hreifast einúngis upp og ofan, en loptsöldurnar streyma lárètt út á alla vegu, eins og áður var á minnzt.

Loptið er sá líkami, sem fremur öllum öðrum líkömum ber eða flytur hljóðið, og kemur það að nokkru leyti af hinu mikla fjaðurmagni þess, og að nokkru leyti af því, að það er hvervetna fyrir í öllu rúminu eða geimnum. En ekki er þó loptið sá eini líkami, sem ber hljóðið eða flytur það, eða sem ætíð gjöri það bezt allra líkama, hvernig sem á stendur. Sá sem vel ætlar að heyra fjarlægan dyn, t. a. m. reiðdyn, hann leggur eyrað við jörðina, og hún flytur honum hljóðið betur, en annars mundi hafa orðið kostur á. Á þenna hátt fara sumar viltar þjóðir að heyra til fjandmanna sinna, eða hlusta uppi dýr þau, er þeir ætla að veiða, og eru það undur hvað þeir heyra lítinn dyn á laungum vegi. Troði maður fast upp í eyrun, þá heyrir maður ekkert á vanalegan hátt, en taki hann þá málmstaung og bíti í annan enda hennar, en leggi hinn enda hennar á einhvern hljóðanda líkama, t. a. m. klukku, sem hríngt er, þá heyrir hann allvel hljóðið. Með þessum hætti er heyrnarlausum mönnum auðið að heyra allskonar hljóðfæraslátt. En vèr sleppum því, og segjum heldur frá annari jafn-auðveldri tilraun. Maður stíngur vandlega í bæði eyru sèr, tekur síðan þráðarspotta og bítur í annan enda hans, en bindur silfurskeið í hinn endann, og lætur hana svo slást við einhvern fjaðurmagnaðan líkama. Þá heyrir maður furðulega skært klukkuhljóð. Þannig er þá vissa fyrir því, að *hljóðið berst og eptir föstum líkömum, og það á stundum miklu betur en í loptinu.*

En skyldu þá legirnir bera hljóðið eða *flytja það úr einum stað í annan?* — Jú, það gjöra þeir, því maður

heyrir til klukku, sem hríngt er niðri í vatni. *Franklin* sagðist á hálfri enskri mílu hafa heyrt til tveggja steina, sem nerust saman niðri í vatni, og vèr drögum alls engan efa á, að hann hafi sagt þetta satt.

3.
HRADI HLJÓDSINS.

Þegar vèr stöndum skammt frá kolagjörðarmanni, sem er að kurla við, þá heyrum vèr axarhljóðið alltaf jafnskjótt og vèr sjáum höggið ríða að. Ef vèr stöndum nokkuð fjær, þá fer þetta á aðra leið: vèr heyrum þá hljóðið nokkru á eptir högginu. Bilið á milli höggsins og hljóðsins verður því lengra, sem fjær er staðið. Glöggast verður þetta af byssuskotinu, því þess fjær, sem maður stendur skotmanninum, þess lengra líður frá því, að púðurblossanum bregður fyrir, og þángað til að skotið heyrist. Af þessu sjáum vèr þá það: að hljóðið þarf tíma til þess, að berast frá einum stað til annars.

Áður fyrri hafa fallbyssuskot verið notuð til þess, að komast eptir hraða hljóðsins, og má með þeim hætti gjöra athuganir um lengri veg, en annars mundi verða. Vèr skulum gjöra oss það ljóst með dæmi. Það skyldu vera: 1. tvö fjöll, lángt hvort frá öðru, 2. á öðru fjallinu skyldi vera fallbyssa, sem skotið væri á hverjum fjórðúngi stundar, og 3. á hinu fjallinu skyldi vera maður, sem athugaði hraða hljóðsins, og hefði öll þau áhöld, sem til þess þarf. En hin nauðsynlegustu áhöld til slíkra athugana eru: glögg sjónpípa og nákvæm sekúndu- eða tersín-klukka (*Uhr*). Í sama vetfángi og athugandinn sèr púðurblossann, hrindir hann úri sínu á stað, því þángað til er það ekki látið hreifast (gánga). Og á því augnabragði, sem hann heyrir hvellinn, kyrrsetur athugandinn aptur úrið. Nú veit hann þá hvað lángur tími hefir liðið á milli púðurblossans og hvellsins, og vegna þess að ljósið fer með óendanlegum hraða, eins og síðar verður sýnt í atriðinu um ljósið (meira en 40,000 mílur á sekúndunni), þá þarf nú ekki annað en jafna saman fjarlægð fjallanna og tímalengdinni, sem hljóðið var að berast á, til þess að finna hraða hljóðsins. Vèr tökum það nú saman í þrjár atriðisgreinir, sem oss er enn fremur þörf á að vita um hraða hljóðsins.

1. Hraði hljóðsins er jafn, þ. e. hljóðið fer alltaf

jafnlángan veg á hverju jafn-laungu tímabili, á meðan að það er að berast.

2. **Allar greinir hljóðsins berast með jafn-miklum hraða.** Til þess að gánga úr skugga um þetta, þarf ekki annað, en að hlusta á saung eða hljóðfæraslátt álengdar, og heyrir maður þá skjótt, að allir tónar eru jafn-lengi á leiðinni, hvort sem þeir eru veikir eða sterkir, háir eða djúpir, o. s. frv. Allir koma þeir í sömu röð og með sömu millibilum að eyrum heyrandans, eins og þeir hafa í saungnum eða á hljóðfærinu. það yrði og lítið úr saunglistinni ef þessu væri ekki þann veg háttað.

3. **Sá líkami, sem ber hljóðið, loptshiti og vindur, geta mjög aukið eða mínkað hraða þess.** Reynslan sannar einatt þetta atriði, og ætlum vèr að benda á það í fám orðum.

Sè tvær silfurskeiðar látnar detta ofan á fastan líkama, fjaðurmagnaðan, báðar í einu, þá heyrist og hljóðið frá báðum jafnsnemma. Ef önnur skeiðin er þar á móti bundin á þráð, og maður hefir annan þráðarendann í eyra sèr, þá heyrir maður fyrri til skeiðarinnar á þræðinum, en hinnar lausu, þó báðar detti undir eins. þetta má og finna með lángri málmpípu, og er sú tilraun miklu vissari. Ef eitt hamarshögg er slegið við annan enda hennar, þá heyrast tvö högg við hinn endann, og er það hraðara, sem málmpípan sjálf ber, en hitt er seinna, sem berst um loptið í pípunni. Eptir tilraunum ýmsra með slíkum málmpípum, þá bera pípur úr steyptu járni hljóðið 10 eða 12 sinnum hraðara en loptið. En hvað berst hljóðið fljótt í vatni? Tilraunir þær, sem gjörðar hafa verið um þetta atriði, hafa allar mætt óteljandi mörgum tálmunum, svo menn hafa enn ekki getað svarað þessari spurníngu með fullri nákvæmni. Menn hafa einúngis gizkað á, að hraði hljóðsins væri fjórum sinnum meiri í vatninu en lóptinu*). Lögmálið fyrir þessu atriði er sem hèr segir:

það þèttari, sem sá líkami er í sèr, sem ber hljóðið, þess meiri er hraði hljóðsins, en þess minni, sem líkaminn er þynnri í sèr eða lausari.

---

*) Til þess að athuga hljóð, sem hefir upptök sín niðri í vatni, hafa menn pípu, sem alltaf víðkar niður, og sem að neðan er lokuð með stæltri pjátursflögu. Á henni skellur titríngurinn á vatninu, og berst svo eptir loptinu í pípuleggnum að eyra manns.

Hraði hljóðsins fer og eptir loptshitanum. Þegar kuldinn er 60 mælistig á Rèaumurs hitamæli, þá fer hljóðið hèrumbil 1000 feta á sekúndunni; þegar hitinn er 0 stig, fer hljóðið 1024 fet á sek.; þegar hann er + 10 stig, fer það 1048 fet à sek.; þegar hann er + 20 stig, fer það 1072 fet á sek.; og þegar hann er + 30 stig, fer það 1096 fet á sekúndu hverri. Með tilliti til þessa skulum vèr láta 1050 fet á sek. vera meðalhraða hljóðsins. Viðvíkjandi þeim ágreiníngi, sem vera sýnist milli beggja þessara lögmála, þá er það aðgætanda, að loptið þenst út og þynnist við hitann, og fær um leið enn meira fjaðurmagn en áður. En það er einmitt fjaðurmagnið, sem svo mjög eykur hraða hljóðsins. Vèr þurfum engin dæmi til þess, að gjöra lesendum vorum það skiljanlegt, hvaða áhrif að vindurinn hefir á hljóðið, því það er auðsèð af því, sem áður hefir verið sagt um samsetta hreifíngu líkama, auk þess, sem nærri því hver dagurinn veitir manni og áþreifanlegar röksemdir fyrir því.

Vindurinn eykur eða mínkar hraða hljóðsins eptir því, hvort það á að fara á móti honum eða undan. Áhrif vindarins á burð hljóðsins eru því ákaflega mikil, og ber manni ætíð að gæta þeirra við þar að lútandi athuganir.

Þegar vèr erum búnir að kynna oss allt þetta, sem nú hefir verið sagt um burð hljóðsins, þá eigum vèr að geta leyst úr spurníngum þeim, sem vèr setjum hèr handa lesendum vorum til að reyna sig á.

1. Hvernig geta menn vitað það af hljóðinu, hvað skipið er lángt frá landi, sem skaut? — 2. Hvers vegna hlaupa hermennirnir undir garða og trè á því augnabragði, sem þeir sjá púðurblossann af skotvopnum óvinanna? — 3. Að hvað miklu leyti er það rètt ætlan, að maður gæti vitað hvað skruggan er lángt frá manni, með því, að telja æðaslættina milli eldíngarinnar og hljóðsins?

4.

APTURKAST HLJÓÐSINS.

Opt verða menn þess varir, bæði í kirkjum, stórum sölum krínglóttum og laungum gaungum, að hvert orð sem talað er kastast aptur að eyrum hins talanda á einkennilegan hátt. Þannig heyrum vèr og tíðum, að orð, hljóð, saungur, o. s. frv. koma endurtekin aptur að eyrum vorum frá djúpum dölum og hömrum,

og það úr ýmsum áttum, rètt eins og hamrarnir eða dalirnir hermdi þau eptir oss. Vèr skulum nú reyna til að gjöra oss grein fyrir þessu apturkasti hljóðsins.

þess var getið í næstu grein á undan, að hraði hljóðsins færi mjög eptir því, hvað þèttur sá líkami væri í sèr, sem bærí það. En þetta á sèr ekki ætíð jafn-mikinn stað; hraði hljóðsins verður ekki ætíð þeim mun meiri, sem líkaminn, er það berst um, er þèttari í sèr. Komi hljóðið úr þynnri líkama, en sá er, sem það berst að eða inn í, t. a. m. úr loptinu og berist inn í vatnið, eða að múrum, húsum, hömrum, o. s. frv., þá hlýtur það að kastast aptur á bak frá þeim, af því að það hefir ekki afl til þess, að halda áfram inn í þá. Eins fer og, þegar hljóðið kemur úr þèttara líkama, en sá er, sem það berst að, því þá er afl þess svo mikið, að hinn þynnri líkami getur ekki tekið móti því. Verður þá nokkuð af afli hljóðsins að hverfa til baka aptur inn í þann líkama, sem það kom frá, og falla þá hljóðöldurnar öfugar um hann. Sèrhver breytíng á þèttleika þess líkama, sem hljóðið berst eptir, gjörir apturkast á hljóðöldunum. Ef vèr gjörum ráð fyrir, að lesendur vorir skilji það, sem nú hefir verið sagt um apturkast hljóðsins, þá er oss og óhætt að ætla þeim, að þeir sjái rætur og orsakir bergmálsins, samtalspípunnar, hljóðsaukans, hlustunarpípunnar, ræðuhvelfínganna o. s. frv., og hvað menn geta sagt að sè skilyrði þeirra.

a. BERGMÁLIÐ (*ekko*).

Flestallar þær tegundir bergmáls, sem vèr þekkjum, myndast við það, er hljóðöldurnar rekast á hamra, veggi, o. s. frv., og kastast frá þeim aptur á bak, eins og hverjum þeim líkama, sem er þèttari í sèr en sá líkami, sem hljóðið barst um (ɔ: loptið). Fullkomlegleiki bergmálsins fer eptir afli þess og glöggleika. En þessir eiginlegleikar eru undir því komnir, sem nú skal segja.

1. Mynd og legu hins hrindanda veggjar. Menn eru nú glögglega búnir að komast eptir þeim áhrifum, sem mynd eða lögun veggjarins hefir á bergmálið, því hljóðgeislarnir mynda jafnstór horn við flötinn, þegar þeir hrökkva frá honum, eins og þegar að þeir köstuðust að honum, allt eins og ljósgeislarnir gjöra (þ. e. aðkastshorn hljóðgeislans er jafn-stórt frákasts-horni

hans). Af þessu flýtur þá: a) að þeir hljóðgeislar, sem kastast samhliða að slèttum fleti þverbeinum, hrökkva eins samhliða burtu aptur frá honum, og að sá hljóðgeisli, sem kemur þverbeint að honum, kastast og þverbeint á bak aptur frá honum, sömu leið og hann kom; — b) að þegar hljóðgeislarnir kastast að íhvolfum (*concav*) fleti, þá dragast þeir saman eða hnappa sig; — og c) að þeir þar á móti sundrast, þegar þeir kastast að ávölum (*convex*) fleti. þannig er það þá auðráðið, að íhvolfir veggir eru betri fyrir bergmálið en slèttir, og slèttir betri en ávalir. Vegna þess, að hljóðgeislinn verður ætíð á apturkastinu að komast til þess líkama, sem hljóðið kom frá í fyrstunni, til þess að bergmálið sè fullkomið, þá má nærri því skýlaust finna, eptir lögmáli apturkastsins, hvernig veggurinn þarf að liggja við þeim líkama, sem hljóðið kemur frá, til þess að bergmálið verði sem fegurst og fullkomnast.

2. Fjarlægð apturkasts-veggjarins. Reynslan er búin að sýna það, að eyrað getur ekki aðgreint fleiri en 9 tóna á sekúndunni. Komi því tónarnir óðar hver á eptir öðrum en þessu svarar, þá verða áhrif þeirra ógreinileg, því þeir renna þá saman. Af þessu má nú ráða hvað til þess kemur, að ekkert bergmál skuli heyrast í vanalegum herbergjum manna. það stendur svo á því, að veggirnir eru þar mikils til of nærri líkamanum, sem hljóðið kemur frá. það eina sem þar getur orðið er það, að þar getur hljóðið orðið sterkara við það, er sú hljóðalda, sem er á apturkasti frá veggnum, samlagast ef til vill þeirri, sem er á leiðinni að veggnum. Vèr skulum nú aðgreina frumhljóðið frá bergmálinu, og verður þá bilið á milli þeirra að minnsta kosti að vera níundi partur úr sekúndu. Á heilli sekúndu fer hljóðið 1050 fet, og þá hèrumbil 116 fet á níunda hluta hennar. Veggurinn verður því að vera að minnsta kosti 58 feta lángt frá líkamanum, sem hljóðið kemur frá.

Bergmálinu er skipt í 4 flokka, eptir því, hvað mörg atkvæði það tekur upp, og hvað opt það tekur hvert atkvæði upp.

a) Einsatkvæðis-bergmál. Svo er bergmálið kallað, þegar það tekur upp einúngis eitt atkvæði einusinni. Til þess að þetta bergmál geti átt sèr stað, þarf apturkasts-veggurinn að vera hèrumbil 60 feta lángt burtu frá líkamanum, sem hljóðið kemur frá. — b) Margtekið einsatkvæðis-bergmál köllum vèr bergmálið, þegar það tekur hið eina atkvæði upp optar en

einusinni. Til þess að þetta bergmál geti orðið til, þurfa apturkasts-veggirnir að vera fleiri en einn, og 60 feta lángt á milli þeirra; þurfa þeir að kasta hljóðinu hver að öðrum, rètt eins og þrjár skuggsjár kasta myndinni hver inn í aðra. Margtekin einsatkvæðis-bergmál eru óvíða til, þó vitum vèr af nokkrum. Bergmálið hjá *Koblenz* á Rínarbökkum tekur sama atkvæðið upp 17 sinnum. Annað þess konar bergmál er og á *Villa Simonetta* (Símonarstöðum) á Ítalíu. það myndast af tveimur veggjum, sem eru samhliða og með nægu millibili. það tekur sama atkvæðið glöggt upp 40 sinnum, og skammbyssuskotið 60 sinnum. Á miðjum konúngsvellinum í *Kassel* er bergmál, sem tekur atkvæðið 9 sinnum upp. — c) Margra atkvæða bergmál. þetta bergmál tekur tvö eða fleiri atkvæði upp, en þó ekki optar en einusinni. þar sem það er, er apturkasts-veggurinn aldrei nær en 116 eða 120 fet frá líkamanum, sem hljóðið kemur frá. — d) Margtekið margra atkvæða bergmál. þessi grein bergmálsins tekur upp mörg atkvæði, og það optar en einu sinni. Til þess að þetta fagra bergmál geti átt sèr stað, þurfa apturkastsveggirnir að vera margir og liggja einkar vel hver við öðrum. Hjá *Adersbach* í Bæheimi er til nafntogaður hamraskógur (klettaurð), með hèrumbil 1000 standkletta í. Standa þeir mjög óskipulega hverjir innan um aðra og mynda hinar fásènustu myndir. Hèr er það bergmál, sem fyrst tekur mannsröddina upp 3 sinnum, en skammbyssuskotið 7 sinnum. Nokkrum sekúndum þar á eptir heyrist hvellur frá hægri hlið, áþekkur hrynjanda skrugguhljóði. þessi hvellur kemur aptur og aptur í dimmum dýnkjum, sem einatt verða minni og minni, þángað til að þeir hætta á endanum með öllu. En varla eru 20 sekúndur liðnar frá því, að þessir dýnkir hætta, þegar viðlíkur hvellur heyrist vinstramegin, og færist eins og upp eptir. Nálægt *Rosneath* (frbr. Rosníþ) á Skotlandi er og svipað bergmál, sem tekur stuttar málsgreinir nokkrum sinnum upp, og alltaf með sínu hljóði í hvert skipti, og það er það eptirtektaverðasta við það. Apturkasts-veggirnir eru þar hálsar og hæðir, sem standa hrínginn í kríng um stöðuvatn eitt. þá er og eitt bergmálið hjá sankti Georgs-klaustrinu við Rúðuborg (*Rouen*). það er mest vert við það, að það tekur mannsröddina aldrei upp aptur í sinni rèttu mynd, heldur kemur bergmálið með ótal mörgum breytíngum, og eins og það sè stundum nær og stundum fjær. Á öðru augnabragðinu er það sterkt en á öðru veikt.

Stundum heyrir einn af tilheyrendunum eina rödd, á meðan annar heyrir margar, eða þá, að sínum heyrist það vera í hverri áttinni. Allir heyra þeir, sem viðstaddir eru, bergmálið raunar undir eins, en þeir heyra það sinn með hverjum hætti, eptir því hvar hver þeirra stendur.

Enn er sú tegund bergmáls ótalin, sem vèr köllum óm. Ómurinn myndast á sama hátt og hvert annað bergmál, nema að þá eru apturkasts-veggirnir svo nærri, að frumhljóðið verður ekki greint frá bergmálinu, eða hinu endurtekna hljóði. Ómurinn er opt í stórum herbergjum, og er hann mjög óviðkunnanlegur þegar hann er mikill, og gjörir ekki annað en trufla þann sem talar.

En hvernig getum vèr gjört oss grein fyrir bergmáli því, sem opt heyrist í hellrum, gjám og gaungum o. s. frv.? — það verður með líkum hætti og vèr höfum nú skýrt frá hèr að framan. Hèr er raunar líkaminn, sem hljóðið berst eptir, allt af hinn sami, en við það, að þèttleiki hans breytist snögglega, þá kastast og hljóðöldurnar á bak aptur.

þó að bergmálið sè skemtilegt og veiti manni á stundum hrífandi ánægju, er það þó ekki nytsamt, og hlýtur opt og tíðum að þykja skaðlegt. Menn verða því að varast það á stundum, t. a. m. við byggíngar kirkna og ymsra stórra húsa. þó hafa menn ekki látið apturkast hljóðsins verða sèr ónýtt með öllu, því yms áhöld eiga rót sína í því, og skulum vèr nú virða hin helztu af þeim fyrir oss, hvert út af fyrir sig.

b. SAMTALSPÍPAN (*COMMUNICATIONSRÖR*).

Samtalspípan er öll jafnvíð. þegar hljóðið berst inn í annan enda hennar, þá komast loptöldurnar engan annan veg en eptir henni endilángri, og það fara þær með jöfnu afli allt af. Hið minnsta (veikasta) hljóð getur þess vegna borizt lánga leið í gegnum slíka pípu. Samtalspípan er helzt notuð í stórum húsum, til þess að maður þurfi ekki að hlaupa upp og ofan, út og inn, í hvert skipti sem maður þarf að tala við einhvern í öðru herbergi. Opt er hún og notuð á hafskipum, til þess að tala við hásetana uppi í reiðanum. *Biot*, frakkneskur náttúrufræðíngur, heyrði til manns, sem talaði lágt við annan endann á 3000 feta laungum vatnsræsi.

c. HLJÓÐSAUKINN (*TALERÖR*).

Hljóðsaukinn er búinn til úr holri keilu, og er toppurinn skorinn af, svo þar verði gat á. Sá sem talar hefir mjóa endann við munninn. Hljóðöldurnar fara þá út til allra hliða, og þær, sem ekki rekast á hliðarnar á keilunni að innan, fara beint fram um op hennar. Hinar þar á móti kastast aptur á bak frá hliðum keilunnar, í hvert skipti sem þær rekast á þær, og allar mynda þær jafn-stór frákastshorn. Þess vegna verða allir hljóðgeislarnir á endanum nokkurnveginn samhliða, og heyrist þá hljóðið lengri veg en ella. Sterk mannsrödd getur heyrzt 18000 feta lánga leið í gegnum hljóðsaukann. Færu allir hljóðgeislarnir öldúngis samhliða áfram, þá mundi hljóðið heyrast enn lengri veg, en það heyrðist þá ekki nema í vissri, afmarkaðri stefnu, og hlióðsaukinn yrði við það óhentugri, nema ef honum væri því nákvæmar miðað á þann, sem hljóðið ætti að berast til.

d. HLUSTUNARPÍPAN (*HÖRERÖR*).

Hlustunarpípan er upp komin árið 1670, og hèt höfundur hennar *Moreland* eða *Möhrenberg*. Tilgángur hennar er að safna hljóðinu saman og flytja það að hlust heyrandans. Hlustunarpípan er mjög svipuð hljóðsaukanum í laginu, en þegar hún er notuð, þá er mjórri endanum stúngið inn í eyrað. Sumir telja hlustunarpípunni það til gyldis, að hún efli og styrki hljóðið, þar sem að hún eins og gleypi í sig margar hljóðöldur, og flytji þær að eyranu. Aðrir segja að hún eins og veki hlustartaugarnar með titríngi þeim eða skjálfta, sem hún flytji þeim. Heyrnardaufum mönnum þykir pípa þessi gjöra sèr mikið gagn.

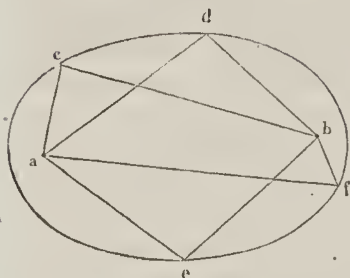
e. RÆÐUHVELFÍNGIN (*TALEHVÆLVINGEN*).

Af öllum íhvolfum flötum er hinn sporbaughvolfdi lánghelztur með tilliti til apturkastsins. Vèr skulum þess vegna fara hèr um hann nokkrum orðum.

Sporbaugurinn hefir tvo eptirtektaverða eiginlegleika: 1. Hann kastar öllum þeim geislum, sem streyma út frá öðrumhvorum brennistað hans, og kastast út að umgjörðinni, að hinum brennistaðnum; — 2. Vegur allra geislanna er jafnlángur frá báðum brennistöðunum Vèr skulum nú draga upp handa oss sporbaug, og athuga hann

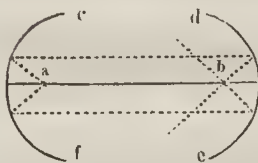
síðan nákvæmlega. Í 117. myndinni eru *a* og *b* brennistaðir sporbaugsins: *ac*, *ad*, *ae* og *af* eru aðkastsgeislar, en *cb*, *db*, *eb* og *fb* eru apturkastsgeislar.

117. mynd.



Allar hinar fyr töldu 4 línur stefna að brennistaðnum *b*, eptir að þær eru búnar að snerta umgjörð sporbaugsins, og verður það sannað eptir reglum stærðafræðinnar, ekki síður en hitt: $ac + cb = ad + db = ae + eb = af + fb$. Báða hina fyr nefndu eiginlegleika má og sjá af myndinni sjálfri. Vèr skyldum ímynda oss rúm nokkurt, lagað eins og sporbaug, og að sinn maður stæði í hvorum brennistaðnum; mundi það þá reynast, að þeir mundu heyra hvor til annars, nærri því hvað lágt sem þeir töluðu. Ef vèr hefðum tvær íhvolfar skuggsjár (safn-skuggsjár, sem síðar verður á minnzt), þá gætum vèr gjört tilraun um þetta. Vèr setjum þá skuggsjárnar *cf* og *de* (í 118. mynd) hvorja anspænis annari. Brennistaðirnir eru *a* og *b*. Vèr leggjum nú t. a. m. vasa-úr í annann brennistaðinn, og þá heyrum vèr glöggt til þess þegar vèr leggjum eyrað við hinn brennistaðinn. Viðvíkjandi þessu látum vèr oss nægja að geta hèr þess einúngis, að allir þeir hljóðgeislar, sem streyma út frá úrinu, sem liggur í *a*, og snerta skuggsjána *cf*, kastast burtu aptur samhliða möndli skuggsjánnar (eptir púnktalínunum), rekast á hina skuggsjána *de*, og mætast á apturkastinu frá henni í deplinum *b*.

118. mynd.



Salir eða hvelfíngar þær, sem hafa hina tvo ofannefndu eiginlegleika, eru kallaðir ræðusalir eða ræðuhvelfíngar. Brennistaðir þeirra eru þeir staðir, sem tveir menn geta talast við á, án þess að nokkur annar maður í salnum heyri til þeirra. En ekki eru slík hús hentug fyrir leikhús eða þínghús, eða nein þesskonar hús, af því að hljóðið heyrist þá einúngis á vissum stöðum í því.

Ræðuhvelfíngar eru víða til. Innan í kúfinum (*Kuppel*) á sankti Pèturskirkju í Rómaborg eru breiðir loptpallar (*Gallerie*). Ef tveir menn standa sinn á hvorum enda á þverlínu þeirra, sem er 100 feta laung, þá geta þeir talað hljóðskraf saman, án þess að nokkur maður heyri til þeirra þó kirkjan sè full af fólki, og eins þó að ekki heyrist annarstaðar mannsmál í kirkjunni fyrir hljóðfæraglaumi og saung. En hvar sem verið er annarstaðar á loptpöllunum en á þessum tveimur stöðum, þá tekst þetta ekki. Líkt er og um Pálskirkjuna í Lundúnaborg. Þar má vel heyra tifið í vasa-úri frá hvorum enda kirkjunnar til annars. En hin frægasta ræðuhvelfíng hefir þó verið Dionysiuseyrað hjá Sýrakúsu. Það var hellir, sem var höggvinn í klett, og var hann hafður fyrir dýblissu. Hann var þannig lagaður, að Dionysius gat heyrt hvert orð, sem þar var talað, inn í annað herbergi, sem til þess var ætlað. Svo er sagt, að hið minnsta hvísl væri þar að heyra eins og öskur, og ef hóstað væri í dýblissunni, þá væri það eins að heyra inn í konúngsherbergið, eins og skrugguhljóð; en væri smellt með vasaklút, þá væri eins að heyra það þar og hvell af fallbyssuskoti.

Enn einusinni verðum vèr að minnast á samtalspípuna. Enginn skyldi ætla það, að hún hafi verið notuð í þarfir galdra og hjátrúar, og þó er það einmitt svo. Hinir svo kölluðu Spá-Tyrkir eiga henni tilveru sína að þakka. En þessir Spá-Tyrkir eru mannamyndir úr trè, sem segja þeim fyrir orðna og óorðna hluti, sem vel borga, og hafa þeir villt mörgum góðum manni sjónir. Vèr ætlum því að segja lesendum vorum dálítið um tilbúníng þessara töframynda.

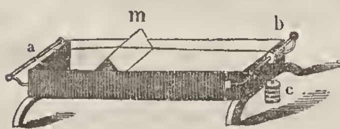
Mannsmyndin (Tyrkinn) er optast nær látin standa rètt upp við einhvern vegginn í herberginu, sem í er verið. Tyrkinn er spurður að því, sem maður vill vita, og svarar hann því undir eins aptur, svo hátt eða lágt, sem hver vill. Það er ekki að undra, þó að mörgum þyki þetta kynlegt, og haldi að það sè ekki einleikið um slíkan Trè-Tyrkja. En galdurinn er ekki stór. Svo er um búið, að niður úr Tyrkjanum liggur pípa ofan undir gólfið og undir vegginn inn í eitthvert hliðarherbergi. Þar situr maður við pípuopið og hlustar á spurníngarnar og svarar þeim svo aptur. Og þó að pípunum sè nú ekki ætíð komið einmitt svona fyrir, eins og vèr höfum nú sagt, þá er þó þetta optast nær allur gald-

urinn, að samtalspípur eru fólgnar einhverstaðar í trèmyndunum, og svo látnar liggja þángað sem hæfilegt þykir og hentugast.

5.
STRENGJARVEIFÍNG EÐA STRENGSVEIFLA.

Við tilraunir þær, sem vèr ætlum nú að gjöra, verðum vèr nauðsynlega að hafa tól það, sem kallað er einstrengíngur (*Monochord*). Vèr látum oss nægja að hafa hinn einfalda einstrengínginn, það er að segja þann, sem er með einum streng á, eins og hèr er sýnt í 119. mynd. Einstrengíngurinn er svipaður lángspili í laginu. Það er aflángur og mjór stokkur með einum streng á, og er strengurinn þaninn milli tveggja dálítilla uppstandara á stokksendunum. Undir strengnum er hinn þriðji uppstandari, sem kallaður er stóll, og verður hann færður til og frá, og settur hvar sem bezt þykir. Á stokklokinu er mælir, sem sýnir hvar er helmíngur, þriðjúngur, fjórðúngur strengjarins, o. s. frv. Í myndinni er *ab* strengurinn, *m* stóllinn, og *c* er þúngi, sem hengdur er á annan endann á strengnum, og sem hafa má svo mikinn og lítinn sem vill, eptir því hvað þenslan á strengnum á að vera mikil í hvert skipti.

119. mynd.



Ef vèr drögum nú lángspilsbogann þvert yfir strenginn, svo hann myndi rètt horn við hann, þá hristast allir partar strengjarins eptir þverbeinni stefnu, og skemta eyranu með viðfeldnu hljóði. Ef vèr strjúkum þar á móti boganum dálítið skáhallt á strenginn, þá fer hristíngurinn eptir endilaungum strengnum, og hljóðið verður hátt, óviðfeldið og skerandi. Hinar fyr nefndu strengsveiflur eru kallaðar þversveiflur, en hinar síðari lángsveiflur, og skulum vèr nú fyrst virða fyrir oss þversveiflurnar.

Á öllum strengjarveifíngum getur verið ærinn munur, en þó einkum á þversveiflunum. Þegar boginn er dreginn á vanalegan hátt yfir strenginn, þá veifast hann allur í sömu átt eða stefnu, en sè strengurinn einúngis lauslega snortinn með fíngrinum, t. a. m. á helmínga-, þriðjúnga-, fjórðúngamótum o. s. frv., og svo

strokið um hann með boganum, þá skiptist hann allur í jafnlánga kafla, og veifast þá hvorir tveir og tveir kaflar sinn í hvora stefnu, eða sinn á hvorn veg. Báðar þessar veifíngategundir eru jafn-mikils varðandi, en vèr skulum að svo komnu ekki fara um þær fleirum orðum, heldur halda áfram með tilraunirnar.

Vèr drögum nú bogann um strenginn á þann hátt, að hann veifast allur saman, og setjum vandlega á oss hljóð það, sem vèr heyrum þá.

Þetta hljóð skyldi nú vera tónn sá, er í saungfræðinni er kallaður litla sè (*c*)*). Ef vèr færum þá stólinn undir helmíngamót strengjarins, án þess að raska þó þenslu hans, og drögum svo bogann um hann, þá kemur annað hljóð, sem er hinu samróma, en 7 raddstigum hærra, en það er dýpsta hljóðið í næstu áttund (*Octave*) fyrir ofan litla *c*, sem vèr skulum kalla undirstöðutón (*Grundtone*). Með tilliti til strenglengdarinnar er því undirstöðutónninn eins í samanburði við sína næstu áttund fyrir ofan, eins og 2 í samanburði við 1. En vèr höfum áður fundið það, að veifíngafjöldi hálfs strengjar er eins, í samanburði við veifíngafjölda heils strengjar eða strengjarins alls, hið tvöfalda, ef báðir eru að öðru leyti eins á sig komnir, og þess vegna í rèttum hlutföllum við 2 og 1, en í öfugum hlutföllum við 1 og 2. Þessi hlutföll veifíngafjöldans á hálfum streng og heilum verðum vèr að setja vandlega á oss, því annars er hætt við, að oss verði torsóttara að skilja í sumu af því, sem hèr verður síðar talað um. Vèr höldum nú áfram að reikna hlutföllin milli hinna annara tónflokka. En það eru þau hlutföll, sem kölluð eru tónbil (*intervalla*), og sýna eða tiltaka hæðarmun tveggja tóna. Ef vèr flytjum nú stólinn undir þriðjúngamót strengjarins, þá verður þriðjúngur strengjarins auðsjáanlega að veifast 3 veifíngar á jafnlaungum tíma og allur strengurinn veifaðist eina. Þannig er þá undirstöðutónninn eins í samanburði við þenna tón, eins og 1 er í samanburði við 3. En vèr vitum þó ekki, hvað mikill hæðarmunur — eða tónbil — þeirra er. Til þess þarf ekki annað, en að draga bogann um strenginn, og aðgæta vandlega þenna tón, sem kemur úr þriðjúngi

*) Vegna þess að þessi bók er meðfram ætluð þeim mönnum, sem nokkuð eru á leið komnir í undirstöðu saungfræðinnar, þá förum vèr og nákvæmar yfir þenna kafla hljóðfræðinnar, en aðalákvörðun bókarinnar í raun og veru er.

hans, og vèr heyrum þá, að það er fimtundin (*Quint*) hækkuð um eina áttund (áttundhækkuð fimtund)*), frá undirstöðutóninum að telja. Veifíngahlutföllin milli undirstöðutónsins og þessarar fimtundar eru eins og milli 1 og $1\frac{1}{2}$, eða eins og á milli 2 og 3. Vilji maður á þenna hátt finna veifíngahlutföll hinna annara tónbila, þá verður að setja það á sig, að tónninn í $\frac{3}{4}$ strengjarins er fjórðundin (*Qnart*) við undirstöðutóninn, í $\frac{4}{5}$ þríundin mikla (*Tertia major*), í $\frac{5}{6}$ þríundin litla (*Tertia minor*), í $\frac{3}{5}$ sexundin mikla (*Sexta major*), í $\frac{5}{8}$ sexundin litla (*Sexta minor*), í $\frac{8}{9}$ til $\frac{9}{10}$ tvíundin mikla (*Secunda major*), í $\frac{15}{16}$ til $\frac{24}{25}$ tvíundin litla (*Secunda minor*), í $\frac{8}{15}$ til $\frac{25}{48}$ sjöundin mikla (*Septima major*), í $\frac{9}{16}$ sjöundin litla (*Septima minor*)**).

---

*) Þegar stóllinn er undir þriðjúngamótum strengjarins, og stærri hluti hans er látinn veifast einsamall, þá gefur sá kafli hina rèttu fimtund við undirstöðutóninn. En sè minni hluti strengjarins, eða þriðjúngurinn einn látinn veifast, þá gefur hann frá sèr helmíngi hærri tón, eða áttundhækkaða fimtund. *B. G.*

**) Til enn meiri skýríngar þessu atriði setjum vèr hèr dálítið yfirlit yfir tónbilin:

Strenglengdir	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	
Tónbil frá undirstöðutóni	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	
	1	1,125	1,25	1,33	1,5	
Tónanöfn.	Undirstöðutónn (*Prima*)	Tvíund (*Secund*)	Þríundin mikla (*Ter. mj.*)	Fjórðund (*Quart*)	Fimtund (*Quint*)	
Strenglengdir	$\frac{24}{25}$—$\frac{15}{16}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{5}{6}$			
Tónbil frá undirstöðutóni	$\frac{25}{24}$—$\frac{16}{15}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{6}{5}$			
	1,01—1,06	1,11—1,12	1,2			
Tónanöfn (Innskotstónar).	Tvíundin l. (*Sec. minor*)	Tvíundin m. (*Sec. major*)	Þríund. litla (*Tert. min.*)			
Strenglengdir	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{8}{18}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{3}{8}$
Tónbil frá undirstöðutóni	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	$\frac{18}{8}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{8}{3}$
	1,66	1,85	2	2,25	2,5	2,66
Tónanöfn.	Sexundin mikla (*Sex. mj.*)	Sjöund (*Septim*)	Áttund (*Octav*)	Tvíundar yfiráttund	Þríundar yfiráttund	Fjórðund. yfiráttund
Strenglengdir	$\frac{5}{8}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{8}{15}$			
Tónbil frá undirstöðutóni	$\frac{8}{5}$	$\frac{16}{9}$	$\frac{15}{8}$			
	1,6	1,777	1,85—1,92			
Tónanöfn Innskotstónar).	Sexundin litla (*Sext. min.*)	Sjöundin litla (*Sept. min.*)	Sjöundin mikla (*S. major*)			

B. G.

Vèr höfum nú híngað til ekki haft tillit til annars en strenglengdarinnar. En það er hægt að tvöfalda, þrefalda, ferfalda o. s. frv. strengsveiflurnar með öðrum hætti, heldur en lengdinni. Tónhæðin fer ekki einúngis eptir strenglengdinni, heldur og eptir strengþenslu. þetta getum vèr reynt með því, að lètta og þýngja lóðið *c* á strengnum, því þá verður þenslan mismikil á honum. Kemur það þá fram, að þegar vèr köllum þann tón undirstöðutón, sem einþaninn strengur gefur, þá verður það áttundin við hann, sem strengurinn gefur við ferfalda þenslu, o. s. frv. Tölurnar, sem þá koma fram, eru fertölur hinna fyr nefndu hlutfalla, því 2 eru fertölurót af 4, o. s. frv. þannig má því með reynslunni komast að því lögmáli: Að þegar allt annað er jafnt, þá er veifíngafjöldinn í hlutföllum við fertöluerætur þúnganna, sem gjöra þenslu strengjarins. Við þessar tilraunir er betra að hafa tvo strengi á einstreugíngnum, því þær verða þá svo miklu auðveldari. þá þyrfti til að mynda ekki annað en hengja 1 pund á annan strenginn en 4 pund á hinn, til þess að hafa undirstöðutón með tilsvarandi áttund í einu. Til þess að fá hina áttundhækkuðu fimtund þyrfti ekki annað, en að hengja 1 pund á annan strenginn en 9 pund á hinn, o. s. frv.

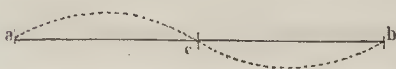
Ef vèr aðgætum strengina fjóra á fíólíni, þá er það fljótsèð, að *E*-strengurinn er mjórri en *A*-strengurinn, og hann aptur mjórri en *D*-strengurinn, en að *G*-strengurinn er gildastur allra þeirra, eða vafinn utan með silfurþræði. Sami munur kemur og fram á strengjunum á hörpunni, gítar, klaveri, o. s. frv. En til hvers er það, eða af hverju? — Svar: Af því að veifíngafjöldinn er ætíð í öfugum hlutföllum við strengdigurðina, þegar öll önnur hlutföll eru jöfn eða eins. Sè nú strengirnir sinn úr hverju efni, þá verður lögmálið svona: veifíngafjöldinn er í öfugum hlutföllum við fertöluræturnar af efnisþúnga strengjanna. Allar þær tilraunir, sem hèr eiga við, þurfa hinnar mestu nákvæmni og athuga.

Hlusti maður vandlega eptir tóni strengjar nokkurs, þá heyrir maður, auk aðaltónsins, marga aðra tóna, sem allir eru miklu veikari, en undir eins hærri, en hann. þetta heyrist raunar ekki nema því að eins, að vandlega sè hlustað og ekkert annað glepji mann. Sè aðaltónn strengjarins t. a. m. stóra sè (*C*), þá heyrir maður jafnframt honum tónana *g* og $\bar{e}$, eða hina hreinu fimtund áttundhækkaða, og þríundina miklu, hækkaða um tvær áttundir.

Hinn fyrri tónninn kemur af því, að þriðjúngur strengjarins veifast, en hinn síðari af því, að fimtúngurinn veifast. Auk þessara tóna finnur og gott saungeyra bæði hina einföldu og tvöföldu hærri áttund, eða tónana c og $\bar{c}$. En veifíngahlutföll þeirra er 1 móti 2, og 1 móti 4, eða helmíngur og fjórðúngur strengjarins. Allir þessir tónar eru kallaðir samræmistónar (*harmoniske Toner*). Vegna þess að allur strengurinn hefir jafna þenslu, þá verður og helmíngur, þriðjúngur, fjórðúngur, o. s. frv., af lengd hans að veifast á meðan hann veifast allur. Þetta er og í raun og veru svo. Sá sem vill gjöra sèr allar þessar sveiflur eða veifíngar strengjarins áþreifanlegar, og svo, að hann eigi hægt með að verða var við alla þessa samræmistóna, hann þarf ekki annað, en að taka sèr lángan streng og digran, svo að aðaltónninn verði bæði nógu sterkur og nógu djúpur. Til þessa eru fiólínsstrengir einkar vel fallnir. — En vèr skulum nú hverfa að tilraunum vorum.

Í 120. myndinni er *a b* strengurinn. Þegar vèr ætlum að helmínga hann, þá verðum vèr að sjá um það, að miðdepill hans *c* geti ekki veifast úr stað, eða verði að vera kyrr á meðan að strengurinn veifast. En þó má þessi umbúníngur ekki tálma lengdarveifíngum strengjarins, eða veifíngunni á öðrum helmíngnum, frá að komast yfir á hinn helmínginn.

120. mynd.

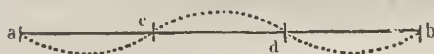


Menn eru því vanir að gjöra þetta með því, að styðja fíngurgómnum ofur laust ofan á miðdepilinn *c*. Ef vèr komum nú veifíngu á annan helmíng strengjarins, t. a. m. á *a c* og það á þann hátt, að strengurinn næst við *c* beygist upp á við, þá beygist sá hluti hins strengjarhelmíngsins, sem eins er nærri *c*, niður á við. Það er með öðrum orðum, að veifíngar strengjarins alls mynda nú samfelda hlykkjalínu úr honum. Hinn veiki tónn, sem hèr kemur fram, jafnframt aðaltóni strengjarins, er hinn næsti áttundartónn fyrir ofan aðaltóninn. Til þess að geta öldúngis gengið úr skugga um, að báðir helmíngar strengjarins veifist við það, er maður kemur veifíngu á annan þeirra, og það einmitt er vèr höfum nú sagt, og sýnt í 120. myndinni, þá klippum vèr niður mjóar brèfræmur, og hengjum þær híngað og þángað á strenginn. Á sama augabragði og boginn er dreginn yfir annan

helmíng strengjarins, þá fara brèfræmurnar á hinum helmíngnum á stað, og sumar af þeim þeytast burt af strengnum. Með þessum hætti höfum vèr þá sjónina fyrir oss um veifíngu strengjarins.

Eins getum vèr og gjört oss það sjáanlegt, hvernig að strengurinn veifast þá með öðrum hætti, þegar boginn er dreginn um hann í deplinum *c* í 121. mynd.

121. mynd.



En það eru þriðjúngamót strengjarins, því þá kemur annar kyrðardepill (veifíngasveipur) *d* sjálfkrafa fram við hin þriðjúngamótin á strengnum. Þetta kemur af því, að strengpartarnir *b c* og *c a* geta ekki veifast jafn-opt á jafn-laungum tíma, vegna þess að *bc* er hálfu lengri en *c a*. Þó að strengurinn þeyti burt af sèr öllum brèfræmunum, þá verður þó sú kyr, sem er á deplinum *d*, og það er einmitt bezta sönnunin fyrir því, sem nú var sagt. Tónn sá, sem hèr kemur fram, er úr þriðjúngi strengjarins, og er því þríundin úr næstu áttund fyrir ofan undirstöðutóns-áttund strengjarins. Með þessari aðferð má og gjöra sèr allar þær veifíngategundir sjáanlegar, sem koma úr $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$ strengjarins, o. s. frv., og því styttri partur, sem tekinn er af strengnum, því fleiri verða veifíngasveipirnir eða kyrðardeplar strengjarins. Sá sem vel er orðinn kunnugur veifíngalögmáli strengjanna, hann sèr fljótt orsakirnar til hinna mörgu og fögru tóna, sem eru í ymsum strengjahljóðfærum, t. a. m. lángspilinu og þó einkum fíólíninu, Eólushörpunni og vindhörpunni. Eólusharpan er með 8 eða 12 strengjum, öllum jafn-digrum og jafn-hart þöndum. Hún er látin þar, sem vindurinn getur leikið um hana, t. a. m. í opnum glugga, og koma þá fram hinir fegurstu og fjölbreyttustu tónar. Við lok 18. aldar komst kaupmaður einn í *Basel* fyrst á lag með að búa til vindhörpuna. Hann hafði í hana 15 strengi úr járni og voru þeir 120 feta lángir. Hann setti síðan hörpu þessa út í garðinn við húsið sitt undir bert lopt. — Að lyktum getum vèr nú þess:

1. Að stundum kemur dýpra hljóð úr strengnum, en strengurinn í raun og veru á að sèr. Tilraunir þær, sem hèr eiga við, eru ekki örðugar, en þó geta þeir einir gjört þær, sem þekkja nokkur töluvert til í hljóðfræðinni. Bezt er að

hafa strenginn svo slakan, sem má, og hafa stól undir honum, lypta honum síðan upp og láta hann slást niður á stólinn. Ef stóllinn er undir miðjum strengnum, þá er sá tónn, sem nú kemur úr honum, fimtundin fyrir neðan undirstöðutón strengjarins. Sè stóllinn undir þriðjúngamótum hans, þá kemur fram sjöundin fyrir neðan undirstöðutóninn.

2. Reynslan er búin að sýna það, að ef strengirnir á klaverinu eru stilltir á þann hátt, að tónar þeirra sè hreinar fimtundir, stórar eða smáar þríundir, o.s.frv., þá verða tónarnir þar fyrir ofan ýmist of háir eða of lágir í samanburði við hina lægri eða neðri tóna, svo það verður að breyta nokkuð út af hreinum tónbilum til þess, að stillíngin á hljóðfærinu verði góð. Vèr skulum reyna að gjöra lesendum vorum grein fyrir því, hvernig á þessu stendur, með tveimur dæmum.

Ef vèr gjörum nú ráð fyrir því, að einhver stillti klaverið frá *C* til *c* á þríundirnar miklu, þá tæki hann fyrst fyrir þríundina frá *C* til *E*, þar næst þá frá *E* til Gis*) (*As*) og svo hina þriðju

*) Vegna þess, að höf. gjörir ráð fyrir meiri þekkingu í saungfræðinni, en vèr höldum oss óhætt að gjöra hjá lesendum vorum, þá vílum vèr ekki fyrir oss að setja hèr úr henni kaflakorn til enn meiri skilníngsauka og fróðleiks.

Hinn venjulegi raddstigi (*scala*) er sá, sem kallaður er hinn einfaldi raddstigi (*diatonisk*), og er hann þessi:

$C\ D\ E\ F\ G\ A\ H\ c\ d\ e\ f\ g\ a\ h\ \bar{c}\ \bar{d}\ \bar{e}\ \bar{f}\ \bar{g}\ \bar{a}\ \bar{h}\ \bar{\bar{c}}\ \bar{\bar{d}}\ \bar{\bar{e}}\ \bar{\bar{f}}\ \bar{\bar{g}}\ \bar{\bar{a}}\ \bar{\bar{h}}\ \bar{\bar{\bar{c}}}$.

Ef að *C* er nú tekið fyrir undirstöðutón, þá verða, eins og áður er sagt, tónbilin þessi:

	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	$\frac{18}{8}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{6}{2}$
	C	*D*	*E*	*F*	*G*	*A*	*H*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*
stórir heiltónar.	$\frac{9}{8}$ (C–D)			$\frac{9}{8}$ (F–G)		$\frac{9}{8}$ (A–H)		$\frac{9}{8}$ (c–d)			$\frac{9}{8}$ (f–g)	
litlir heiltónar.		$\frac{10}{9}$ (D–E)			$\frac{10}{9}$ (G–A)				$\frac{10}{9}$ (d–e)			
stórir hálftónar.			$\frac{16}{15}$ (E–F)				$\frac{16}{15}$ (H–c)			$\frac{16}{15}$ (e–f)		

Vilji maður vita t. a. m. bilið milli *D* og *E*, eða taka *D* fyrir undirstöðutón, þá má skipta $\frac{5}{4}$ með $\frac{9}{8}$, það er $\frac{5}{4} : \frac{9}{8} = \frac{5}{4} \times \frac{8}{9} = \frac{40}{36} = \frac{10}{9}$. Tónbilið á milli *D* og *E* $\frac{10}{9}$. *E* fer $\frac{10}{9}$ úr strengsveiflu á meðan *D* fer eina, eða *E* 10 á meðan *D* fer 9 sveiflur. Þetta tónbil er kallað heiltónn, og verður það allt sèð í ofan ritaðri töflu. Af þessu sèst, að tónbilin eru ekki öll jafn-laung, svo þau standa ekki heima, þegar skipt er um undirstöðutóninn. Til þess að ráða bót á þessu, hafa menn skotið minni tónbilum eða tónum

frá *As* til *c*. En með tilliti til veifíngafjöldans á strengnum er þríundin mikla eins í samanburði við undirstöðutóninn, eins og 5 eru í samanburði við 4. Þegar nú að *c* þarf $\frac{5}{4}$ sinnum eins margar veifíngar og *As* eða *Gis*, *Gis* $\frac{5}{4}$ sinnum eins margar og *E*, og *E* $\frac{5}{4}$ sinnum eins margar og *C*, þá verða og veifíngar litla c^s að vera eins í samanburði við veifíngar hinnar lægri áttundar, stóra C^s eins og $5 \times 5 \times 5$ eru í samanburði við $4 \times 4 \times 4$, þ. e. eins og 125 eru í samanburði við 64. Með þessum hætti vantar efri áttundina allt af 3 veifíngar, svo að hún sýnist ætíð of lág í samanburði við undirstöðutóninn. Gagnstætt verður þetta ef að klaverið er stillt á þríundirnar litlu. Vegna þess að þær eru 4 á leiðinni frá *C* til *c* (*C*—*Es*, *Es*—*Ges* eða *Fis*, *Fis*—*A*, *A*—*c*), og vegna þess að þær eru með tilliti til veifíngafjöldans eins í samanburði við undirstöðutóninn eins og 6 eru í samanburði við 5, þá koma hèr fram veifíngafjöldarnir $6 \times 6 \times 6 \times 6$ og $5 \times 5 \times 5 \times 5$ eða 1296 og 625. En sá strengur, sem fer 1296 veifíngar á meðan að undirstöðutóns-strengurinn fer 625 slíkar veifíngar, gefur þann tón, sem er töluvert hærri, en hin hreina áttund: því að 1250 eru $= 2 \times 625$. Með líkum hætti mætti reikna, hvernig fara mundi með hina hæstu tóna á klaverinu, þegar það væri stillt eptir fullkomnum fimtundum. Munurinn verður einatt meiri og meiri, eptir því sem áttundirnar verða hærri. Hvað á þá klaverleikandinn að taka til bragðs, til þess að hinir hærri tónar samsvari hinum lægri? — Svar: Hann á að miðla eða muna dálitlu á tónunum, til þess að áttundirnar

---

inn í skörðin, helzt hin stærri. Þessa innskotstóna kenna menn við þá tóna, sem þeir eru settir inn á milli, og ef þeir eru álitnir eins og hækkun hins lægra tóns, þá er atkvæðinu *is* bætt við stafsnafnið, en ef þeir eru lækkun tónsins, þá er atkvæðinu *es* bætt við stafnafn þeirra: t. a. m. á milli *C* og *D* er settur tónninn *Cis* og *Des*. *Cis* (hækkað *C*) er $= \frac{25}{24}$ *C*, en *Des* er $= \frac{24}{25}$ *D* eða lækkað *D*. En brotið $\frac{25}{24}$ er kallað lítill hálftónn. Nú eru þessir tónar *Cis* og *Des* mjög nánir hvor öðrum, og eru því optast álitnir eins og einn tónn. Með þeim hætti verða þessir tónar í áttund: *C*, *Cis*, *D*, *Dis*, *E*, *F*, *Fis*, *G*, *Gis*, *A*, *Ais*, *H*. Bilin milli *E* og F og *H* og *c* eru hálftónar, þess vegna er síður gefið um, að skjóta þar tóni inn á milli. Tónninn *Ais* er og kallaður *B*. — Þessi raddstigi er kallaður hinn blandaði raddstigi (*chromatisk scala*). *B. G.*

geti sem bezt haldið sèr. þetta svar liggur í atriðisgreininni hèr að framan.

Vèr skulum enn fremur athuga það: 1. að þessi áminnzta breytíng tónbilanna frá hlutföllunum $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$, o. s. frv. er kölluð **miðlan** (*Temperatur*) þeirra eða **munan**, og 2. að miðlanin er ýmist jöfn eða ójöfn. Jöfn er hún, þegar breytíngin frá hinum hreinu tónbilum kemur jafnt niður á sèrhvern tón í áttundinni, en þegar það er ekki, þa er miðlanin ójöfn. 3. Opt ber það við, að strengirnir missa stillíngu sína og koma þá úr þeim hinir óviðfeldnustu villutónar. Stundum koma þessir villutónar af því, að skrúfurnar hafa losnað, svo að strengirnir hafa slaknað við það, en stundum er það breytíng á loptshitanum, sem gjörir villutónana. þegar hitinn vex, lengjast strengirnir dálítið, því hitinn þenur líkamina út, eins og síðar mun sagt verða. En við allar þesskonar breytíngar verða tónarnir lægri. þetta sèst bezt af klaveri, sem stendur við kaldan vegg í heitu húsi. Villutónar geta og orsakazt af því, að trèð í hljóðfærinu þenst út við hita, og verður þá miklu stríðara á strengjunum, en vera átti, og þá verða tónarnir of háir. — Stundum koma villutónar í hljóðfæri af því, að strengirnir draga svo fljótt til sín loptsrakann, eins og t. a. m hætt er við um girnisstrengi.

Lángsveiflurnar eru einkum komnar undir lengd og fjaðurmagni strengjanna. þær geta annaðhvort veifað öllum pörtum strengjarins í sömu stefnu, eða þá myndað veifíngasveipi, líkt eins og þversveiflurnar gjöra. En vegna þess að lángsveiflurnar koma aldrei fyrir í hljóðfæra-slætti, þá förum vèr ekki fleirum orðum um þær.

6.

VEIFÍNGAR ÞANINNA SKINNA.

Trumburnar sýna það ljósast, hvernig veifíngum þaninna skinna er varið. Tónninn fer þar öldúngis eptir þýngd skinnsins, þenslu þess og lögun. Aðaltónninn er ekki einúngis hinn dýpsti, heldur og nærri því sá eini tónn, sem til er í þöndu skinni. þegar veifíngunum er svo háttað, að þær mynda sveipi á skinninu, þá geta og komið úr því fáeinir aðrir tónar, sem eru hærri en aðaltónninn. þegar skinnið er krínglótt, þá fara og veifíngasveipirnir í allt einum hríngum, sem allir verða fyrir innan um-

gjörð skinnsins. — Skinnið á trumbunni er þanið með snærunum, sem liggja utan um bol hennar.

7.

VEIFÍNGAR BEINNA OG BOGINNA STÁNGA.

Ekki er allur sá tónafjöldi, sem í gler- og málmstaungum liggur, minna kominn undir því, hvernig þær eru festar, en hinu, hvernig veifíngasveipirnir myndast í þeim. Með tilliti til fyrirkomulagsins á staungunum, eða þess, hvernig að þær eru festar, ber oss að athuga: 1. hvort báðir endar stángarinnar eru lausir; — 2. hvort annar endinn er laus, en hinn fastur; — 3. hvort annar endinn er laus, en hinn einúngis snortinn af einhverju; — 4. hvort báðir endar eru fastir; — 5. hvort annar endinn er fastur, en hinn snortinn; — 6. hvort báðir endar eru einúngis snortnir.

það yrði of lángt fyrir oss, að sýna það með hentugum tilraunum, eptir hvaða lögmáli að allar þær tónabreytíngar verða, sem komið geta fyrir í staungum úr gleri eða málmi. Slíkar stángir eru og nærri því aldrei notaðar í saunglistinni. Vèr ætlum þó að telja upp nokkur smá hljóðfæri, sem undir þetta atriði heyra, og eru flest af þeim notuð fyrir barnaglíngur. —

1. Járnfíólínið eða stálharmonikan. Á þessu hljóðfæri eru margir járnbroddar settir á endann ofan í slètta fjöl þunna, eða ómbotn (*Resonansbund*). Járnbroddar þessir standa í bogaröðum. —

2. Stráfiðlan. Í þessu hljóðfæri eru stángir, sem optast nær eru hafðar ur góðum girðisvið, og liggja á flèttuðum stráum. Stálharmonikur og stráfiðlur eru nú á tímum lítið tíðkaðar.

3. Saungdósir. Í þeim eru stæltar fjaðrir í staðinn fyrir stengur.

4. Munnharmoníkan. Í henni eru og stæltar fjaðrir, svipaðar því, sem er í saungdósunum.

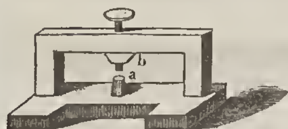
5. Tónkvíslin (*Stemmegaffel*). Tól þetta er alkunnugt. það er allt úr stáli, og er eins og tvíörmuð kvísl í lögun. það er haft til þess, að finna með því einhvern vissan tón, og er því mjög notað í saunglistinni. Flestar tónkvíslir hafa í sèr tóninn *a*; þó bæði geta þær verið, og eru, stilltar á aðra tóna.

8.

VEIFÍNGAR FASTRA FLATA, BÆÐI BEINNA OG BOGINNA.

Við tilraunir þær, sem vèr ætlum nú að gjöra, þurfum vèr að halda bæði á ölstaupi og dálítilli klukku (það má vera stór sauðarklukka). Þar að auki þurfum vèr og að hafa slèttar eða beinar glerflögur, eða málmflögur. Optast nær má til þessa nota rúðubrot, eða þesskonar glerflögur, en bezt er að hafa þær misstórar og ólíkar hverjar öðrum í laginu. 122. mynd sýnir tól nokkurt, sem er einkar hentugt til þess, að halda flögunum föstum, með því að þeim er rennt inn á milli broddanna *a* og *b*, og tálmar það ekki veifíngum frá, að njóta sín á fletinum. Varlegra er að láta svo-lítinn brèfsnepil eða skinnpjötlu á milli flögunnar og broddanna, svo maður sè viss um að flagan spríngi ekki. (Hafi maður ekki tól þetta, þá má og halda flögunum á milli fíngurgómanna). Til þess að geta sèð veifíngasveipina á flögum þessum, eru menn vanir að strá á þær smáum sandi vel hreinum. Randirnar á flögunum þurfa og að vera ávalar (brúnalausar) og borinn á þær smergill (*Smergel*). Síðan draga menn um þær lángspilsboga, og heyrast þá tónar þeir, sem úr þeim koma. En jafnframt sjást og veifíngasveipirnir á sandinum, og ber manni vandlega að setja á sig bæði þá og tónana í hverri flögu. Af tilraununum með flögum þessum sjáum vèr atriði þau, sem nú skal telja.

122. mynd.



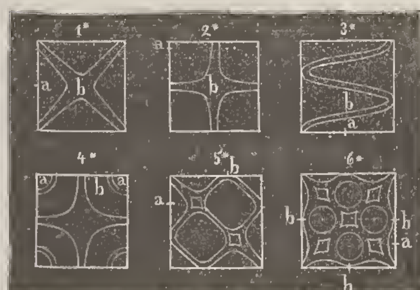
1. Reglulegar myndir koma þá einúngis fram á sandinum, þegar tónarnir eru hreinir og snjallir; en þegar tónarnir þar á móti eru dimmir, óhreinir og marrandi, eins og opt verður þegar boginn er dreginn á snið eða skáhallt yfir röndina á flögunni, þá myndast engar reglulegar myndir í sandinum.

2. Hæð tónsins er mest komin undir mynd flögunnar, og margbreytni myndanna á sandinum. Lögmálið er optast nær þetta: að því margbreyttari, sem myndin er á sandinum, því hærri er og tónninn.

3. Til þess að geta látið ymsar myndir koma fram á sömu flögunni, þarf ekki annað, en 1. að breyta einatt undirstöðudepli hennar, og 2. draga bogann á sinn staðinn í hvert skiptið. Vèr

skulum nú gjöra oss þær breytíngar, sem þetta ollir á myndunum í sandinum, ljósar með uppdráttum þeim, sem hèr eru. Myndirnar sjálfar þurfa engrar nákvæmrar skýríngar við, en það er aðgætanda um stafina, að *a* táknar þann stað á flögunni, sem boginn er dreginn um, en *b* undirstöðudepilinn í hvert skipti.

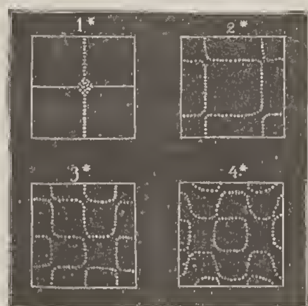
123. mynd.



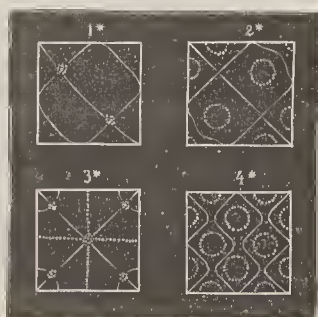
4. Hvernig sem flögurnar eru lagaðar, og úr hverju sem þær eru, verða þó myndirnar í allt einum línum eða strikum, sem sumar liggja samhliða allri umgjörð flögunnar, eða þá nokkru af henni, en sumar þvert yfir um flöguna. Aldrei skerast þó línur þessar í raun og veru, eins og stundum kynni að virðast í fljótu áliti. Þetta sèst bezt af 124. myndinni.

5. Á rètthyrndum flögum ferhyrndum eru veifíngasveipirnir annaðhvort samhliða jöðrum flögunnar, eða hornalínum hennar, eins og 125. myndin sýnir. Línurnar eru þó aldrei öldúngis

124. mynd.



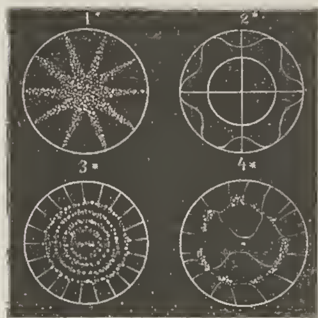
125. mynd.



beinar í myndum þessum, heldur eru þær jafnan ofur-lítið íbjúgar. Lægstur eru tónninn, sem þá kemur fram í flögunni, þegar 4 rètthyrndir ferhyrníngar myndast á sandinum á fleti hennar (3*), en þegar þar myndast allt einir hríngir, þá er tónninn hæstur (4*).

6. Á kringlóttum flögum mynda veifíngasveipirnir annaðhvort þverlínur eða sammiðjuhríngi (*concentriske Kredse*), eða hvorttveggja undireins. þetta er sýnt í 126. mynd. Hljóðmyndir þær, sem einúngis myndast af þverlínum hríngs, eru að útliti eins og stjarnaraðir, sem skera hverjar aðra í miðjunni. Öldúngis öðruvísi er hríngmynduðum hljóðmyndum varið. Hornin, sem þverlínurnar mynda, liggja öll í miðju myndarinnar og eru öll jafnstór, vegna þess að allir partar flögunnar verða á hverju jafn-laungu tímabili að gjöra jafn-margar veifíngar. Aldrei geta þverlínurnar orðið færri en tvær. Mjög er það sjaldgæft að sammiðjuhríngir sè einir í mynd. Optast nær eru og með þeim þverlínur (3* og 4*). Hèr kemur það og fram, sem sagt var í 2. atriðisgrein; því ef að tveir einir slíkir veifíngasveipir skerast, þá kemur hinn dýpsti eða lægsti tónn fram; skerist þrír veifíngasveipir, þá verður tónninn býsna mikið hærri, o. s. frv.

126. mynd.



7. Á klukkum, hríngum og þeim líkömum öðrum, sem eru staupmyndaðir, skiptist hin hríngmyndaða umgjörð optast nær í fjóra, og stöku sinnum í sex eða átta eða fleiri parta, og veifast þar hvorar tvær granualínur (*Nabolinier*) sín í hvora átt. Myndirnar (127. og 128.) sýna þetta nokkuð gjörr. Vilji maður gjöra sèr þetta ljóst með tilraunum, þá er bezt að taka gamlan bikar eða kaleik, eða eitthvert ker annað því líkt úr þunnu gleri, hella vatni í það og taka svo vandlega eptir öldunum, sem á því myndast, þegar kerið eða bikarinn er þannig snortinn, að hann gefur frá sèr tón nokkurn. Öldurnar eru

127. mynd.



128. mynd.



optast nær jafnt skiptar með öllum börmunum á kerinn. En þegar þessir öldnflokkar eru fleiri en fjórir, þá færast þeir saman og mynda tvær djúpar lautir á milli sín.

Dragi maður votan fínguriun umhverfis röndina á ölstáupi til að mynda, þá kemur úr því hinn dýpsti tónn, sem unnt er. Þessi aðferð er grundvöllurinn fyrir glerharmoníkunni, en hún er til búin á þann hátt, sem hèr segir:

Maður hefir dálítinn fót með valta á, og er valtinn hèrumbil $\frac{3}{4}$ þuml. á digurð, og liggur öldúngis lárèttur. Á valtanum eru 40 eða fleiri holir kúluhelmíngar úr gleri, sem allir eru jafnþykkir, og eru settir hver ofan í annan á þann hátt, að röndin eða barmar hvers kúluhelmíngs standa dálítið upp úr opi þess kúluhelmíngs, sem hann er niðri í. Tónn hins stærsta kúluhelmíngs er dýpstur, og hins minnsta veikastur. Á öllum þessum kúluhelmíngum er gat á botninum og eru þeir flestir með tappa eða nagla við valtann. Tónsvæði hljóðfæris þessa er 3 eða 4 áttundir. Kúluhelmíngarnir hreifast ásamt valtanum, og fyrir þá sök liggja ekki veifíngasveipir þeirra ætíð á sama stað, heldur færast allir samt um hríng þann, er þeir velta um. Þetta er einmitt það, sem gjörir, að töluvert vandhæfi verður á að búa til slíka glerharmoníku, og ekki er það unnt, að sameina hana við nokkurt annað hljóðfæri.

9.

LOPTSVEIFLUR.

Til þess að loptið geti gefið nokkurn tón frá sèr, þarf einhver fastur líkami að vera í samstarfa við það. Annars kemur ekkert hljóð úr loptinu. Flest-allir þeir líkamir, sem lopt er fólgið í, eru pípumyndaðir, og víðari í annan endann; þeir eru kallaðir blásturhljóðfæri. Undir þessu nafni eru því fólgnar bæði flautur (hljóðpípur), fagottur (lúðrar), básúnur, gjallarhorn (*Trompeter*), veiðihorn (*Valdhorn*), klarínettur og jafnvel organið. Með ymsum hætti eru tónarnir vaktir í blástursljóðfærunum. Hinn auðveldasti háttur er sá, að blása í pípuna með munninum, svo að skjótri hreifíngu eða titríngi sè komið á loptið innan í henni, og að loptöldurnar brotni á hinum hvössu brúnum, sem í pípunni eru. Hèr hefir loptið, sem inn í pípuna er blásið, sama starfa og boginn hefir á lángspilinu eða fíólíninu, o. s. frv. Það er undir lögun blásturshljóðfærisins komið, hvernig í það er

blásið; það er til að mynda öðruvísi farið að blása í flautuna, en í veiðihornið eða klarínettuna.

En hvernig verður það ljóst, að tónninn kemur úr loptstöplunum innan í blásturhljóðfærunum, en ekki úr hljóðfærunum sjálfum? það verður bezt með því, að snerta þau til og frá með höndunum, á meðan að verið er að blása í þau, og reyna hvort það gjörir nokkrar breytingar á tónunum, líkt og verða mundi á strengjunum, ef þannig væri tekið á þeim á meðan þeir eru að veifast. Kemur það þá fram, að slíkar tilraunir trufla blásturshljóðfærin ekki neitt, nè gjöra neina breytíngu á tónum þeirra. það er og sannreynt, að tónar blásturshljóðfæranna fara að hæðinni til eptir loptstöpulslengdinni. Loptstöpulsveifíngarnar fara allar um hann endilángan, en ekki þvers um.

Á þeim blásturshljóðfærum, sem engin nótnagöt eru á, eins og til að mynda á veiðihornum og lúðrum, myndast hínir fjölbreyttu tónar við eins fjölbreyttan áblástur. Veifingarnar fara hèr ýmist eptir öllum loptstöplinum, eða þær eins og skipta honum í 2, 3, 4 eða fleiri jafna parta. þeir sem vel kunna að blása á slík hljóðfæri geta látið alla tóna hins einfalda raddstiga (*diatonisk Skala*) í hærri áttundunum heyrast hreina og glögga, jafnvel þó að þessi hljóðfæri í rauninni hafi ekki nema hina náttúrlegu tónaröð í sèr, þar sem tónar þeirra eru eins i samanburði hverir við aðra, eins og lengdir þeirra loptstöpla, sem veifíngar eru á. Tónaröð þessara hljóðfæra ætti því að vera þessi:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
C.	*c.*	*g.*	$\overline{c}$.	$\overline{e}$.	$\overline{g}$.	$\overline{hes}$.	$\overline{\overline{c}}$.	$\overline{\overline{d}}$.	$\overline{\overline{e}}$.	$\overline{\overline{fis}}$.	$\overline{\overline{g}}$.	$\overline{\overline{a}}$.	$\overline{\overline{hes}}$.	$\overline{\overline{h}}$.	$\overline{\overline{\overline{c}}}$.	o.s.frv.

það stendur að mestu leyti á sama, hvort þessi hljóðfæri eru bein eða bogin. Hèr á við að minnast á Mundiahornið (*Alpehorn*), sem Sveissúngar blása á smalakvæði sín, þau er þeir kalla *Kuhreigen*, og er lagið við þau ef til vill hið náttúrlegasta lag, sem til er. Í því eru einúngis tónarnir 2, 3, 4 og 5. Sveissúngar búa sèr til hljóðfæri þetta á þann hátt, að þeir hríngbeygja toppinn á úngu trè, og neyða það til að vaxa í hálfboga. Eptir nokkur ár er trèð orðið nógu sterkt, þá taka þeir það og kljúfa sundur eptir miðjunni. Síðan hola þeir helmíngana innan og fella þá síðan saman aptur.

þegar öll önnur hlutföll tveggja eða fleiri pípna,

sem engin nótnagöt eru á, eru jöfn eða eins, þá eru undirstöðutónar þeirra eins í samanburði hverir við aðra, eins og lengdir pípnanna. Þegar menn taka undirstöðutón þeirrar pípu, sem er opin í báða enda, þá myndast veifíngasveipur í miðri pípunni. En á þeim pípum, sem eru lokaðar á öðrum endanum, fer þetta öðruvísi. Af þessu má ráða, hvers vegna að tónn opinnar pípu verður áttund lægri, þegar henni er lokað á öðrum endanum, heldur en á meðan hún var opin í báða. Í sérhverju organi er ein röð af lokuðum pípum.

Til þess að eiga hægt með að blása heil lög, verður maður að hafa pípu með nótnagötum á, t. a. m. eins og flautan er. Hæð og dýpt tónanna fer eptir því, hvað mikið loptstöpullinn í pípunni er lengdur eða styttur. En hann er styttur og lengdur með því, að byrgja ýms nótnagöt á pípunni, nær eða fjær blásturopinu. Ef öll nótnagötin á pípunni eru byrgð í einu, þá verður hún hèrumbil eins og veiðimannahornið, eða þær hljóðpípur, sem gjörðar eru fyrir hina náttúrlegu tónaröð.

10.
EYMUR LÍKAMANNA, EDA ENDURKVEÐANDI.

Við þær tilraunir, sem vèr ætlum nú að gjöra, þurfum vèr að hafa tvö fíólín, sem bæði eru nákvæmlega eins stillt. Þegar vèr nú drögum bogann á vanalegan hátt um *G*-strenginn á öðru fíólíninu, þá heyrum vèr glöggt, að *G*-strengurinn á hinu fíólíninu endurkveður tón þann, sem vèr fengum með boganum. Það er sama um hvern strenginn að vèr drögum bogann, hvort það er *D*-, *A*-, eða *E*-strengurinn. Hreifíngin sem á þann strenginn kemur, sem boginn er dreginn um, kemur og fram á hinum samnefnda strengnum á hinu fíólíninu. Og þó að strengurinn, sem boginn var dreginn um, sè látinn hætta að veifast, með því til að mynda, að drepa á hann fíngurgómi sínum, þá heldur hinn strengurinn þó engu að síður áfram að veifast. En miklu verður tilraun þessi fjölskrúðugri og fagrari, þegar boginn er dreginn um strenginn á helmínga-, þriðjúnga-, fjórðúngamótum, o. s. frv.; því þá verða svo margir veifíngasveipirnir á honum. Áður en þetta er gjört, er bezt að hengja margar og lèttar brèfræmur á fíólínsstrengina. Verða þá ætíð þær brèfræmurnar kyrrar, sem eru á kyrðardeplum strengjarins, eða á veifíngasveipunum, og verða þeir

ætíð eins á báðum strengjunum, þeim, sem boginn er dreginn um, og þeim samnefnda á hinu fiólíninu. þetta er hinn ljósasti vottur þess, hvernig strengirnir endurtaka hver annars tón og veifíngar á þann hátt, sem hèr er frá sagt að framan. Hèr á og önnur tilraun við, og skulum vèr nú þegar segja frá henni. þegar tónkvíslinni er haldið í lausu lopti, þá er tónn þess mjög veikur, og varla svo að hann heyrist: sè henni þar á móti haldið við borð, eða einhvern fastan líkama, eða ef hún er á laungum þræði höfð áföst við eymstokk (*Resonanskasse*), þá verður hljóð hennar furðanlega sterkt og aflmikið. Eins verður og hljóðið mjög veikt í strengnum, þó hann sè fullþaninn, ef enginn eymstokkur er undir honum. þess vegna eru slíkir eymstokkar hafðir á öllum strengjahljóðfærum, því annars yrðu þau mjög óglögg og hljóðlítil. þegar maður sýngur með skærri rödd í nánd við klavèr, þá endurtekur það saunginn. — Vèr skulum nú taka það saman í tvær atriðisgreinir, sem oss er mest nauðsyn á að vita til þess, að vèr getum gjört oss nokkra grein fyrir eymi, eða endurkveðanda líkamanna.

1. Sá líkami, sem hljóðið kemur frá, á hægra með að veita samkynja líkama hljóð sitt, en öðrum ósamkynja. (þetta kemur heim við dæmin um strengina.)

2. það er komið undir mynd líkamanna, hæð tónanna og sveiflunum sjálfum, hvað vel hinn fasti líkami getur komið veifíngum sínum eða sveiflum á loptið. (Fletir eiga hægra með þetta en stengur; því hærri sem tónninn er, þess betur verður loptið hluttakanda í honum; lángsveiflur eru betri til þessa en þversveiflurnar). Mest er hèr komið undir mynd líkamanna. það má jafnvel sjá þetta með tilraunum á tónkvíslinni; því ef að hún er sètt á flatt borð á meðan hljóðið er í henni, þá verður borðið hluttakanda í hljóði hennar, og við það kemst það því betur inn í loptið, sem flötur borðsins er stærri um sig. Af þessu er nú auðsèð, hvað mikið er komið undir eymbotni (*Resonansbund*) hljóðfæranna. Tónar hljóðfærisins eru því fagrari og þægilegri, sem trèð í eymbotni þess er þurrara, fjaðurmagnaðra og jafnara í sèr. Eymbotnarnir eru vanir að verða því betri, sem þeir verða eldri. Af þessu sèst nú, að það er ekki allra að smíða þau hljóðfæri, sem menn geta kallað góð. það þarf bæði næma tilfinníngu og vant eyra til þess, að geta ætíð valið hið bezta trè í

eymbotna. Sè eymbotninn of þykkur, þá verður hristíngurinn á pörtum hans of sterkur, og sè hann of þunnur, þá verður hann of veikur. Ef flautan er of þykk, þá verður hljóð hennar dimmt og drynjandi, og ef organpípurnar eru of þunnar, þá verða þær of skrækhljóðaðar. Af því, sem nú hefir sagt verið um eðli eymbotnanna, vonum vèr að lesendum vorum takist að sjá orsakirnar til flestra þeirra viðburða, sem af þeim leiða.

það á við að vèr minnumst hèr á list nokkra, sem mjög þótti mikið til koma í fyrndinni, en það er sú list: að öskra sundur staupið. Til þessa velur maður optast nær þunngjört ölstáup, ekki mjög lítið, setur maður síðan opið á staupinu fyrir munn sèr og orgar af alefli inn í það, í undirstöðutóni þess. Dynja þá mjög margar loptsveiflur á staupinu að innan, og því lengur sem orgið helzt við, því fleiri eru loptöldur þær, sem á staupinu skella, svo það fer þá í sundur á endanum. — Sama er og orsökin til þess, að fallbyssuskot, þrumur og jafnvel byssuskot, geta komið svo miklum veifíngum eða skjálfta á loptið, að rúður brotni í húsum, sem nærri þeim eru.

Stundum springa og rúður og ýms áhöld úr gleri, án þess að menn viti neina orsök til þess, og mun það þá optast nær koma af snöggum titríngi á öllum pörtum glersins. Að minnsta kosti er það heimska, að ímynda sèr, að slíkir viðburðir sè ills vitar eða vondum öndum og göldrum að kenna.

11.
AFL HLJÓÐSINS.

Sá sem vel er búinn að athuga það, er nú hefir verið sagt um hljóðið, og gjöra sèr grein fyrir því, hann mun nú þegar geta sèð, undir hverju afl hljóðsins er komið.

Tilraunin með silfurskeiðarnar; — það, að menn leggja eyrað við jörðina, til þess að hlusta eptir fjarlægum dyn; — að menn geta heyrt steina núast saman í vatni, o. s. frv.; — það sýnir, að þeir líkamir, sem eru umhverfis hinn hljóðanda líkama, ýmist styrkja eða veikja hljóðið. En nú skulum vèr bæta enn einni tilraun við, til þess að gjöra þetta atriði enn ljósara. Maður tekur stundavitann sinn (úrið sitt) og leggur hann fyrst í vatn, svo í viðarolíu, þá í terpentínolíu og seinast í lopt. (Vatnið er þèttara í sèr en viðarolían, viðarolían aptur þèttari í sèr en terpentínolían

og loptið þó enn þynnra í sèr en hún). þessi tilraun sýnir, að þegar stundavitinn liggur í vatni, þá má heyra til hans 20 feta lángan veg; í viðarolíunni í mesta lagi 16 fet; í terpentínolíu einúngis 12 og í loptinu 8 fet. þannig sannar þá reynslan það lögmál: I. að því lausari (óþèttari) sem hljóðflytjandinn (*Lydleder*) er í sèr, þess veikara verður hljóðið, en því sterkara, sem hann er þèttari í sèr og samfeldari. Af þessu er þá auðskilið, hvers vegna að hljóðfæri eru hljóðmeiri í köldu húsi en heitu, og hvers vegna að það er nærri eins, að heyra skammbyssuskot uppi á háfu fjalli, eins og það væri skotið með lykilpípu. þetta hjálpar og til að skilja í því, hvers vegna að menn heyra svo vel í næturkyrðinni, nærri því hvað lítinn hávaða sem er. Loptkuldinn er meðfram orsök þess. Hvergi er þó sá munur eins mikill, eins og í heitu löndunum. það er og mælt, að sterk mannsrödd heyrist undir heimsskautunum 7000 feta lángan veg, þegar kuldinn er mikill. Fallbyssuskotið heyrist meira en 20 danskar mílur (4 þíngmannaleiðir), og byssuskotið heyrist 8000 skref.

Enn fremur sèst það og af þeim hætti, sem hljóðið berst á: II. að afl hljóðsins er og komið undir fjarlægð heyrandans frá hinum hljóðanda líkama. því lengra sem hljóðið er komið frá upptökum sínum, því stærri verða hljóðöldurnar og víðari um sig, og þá jafnframt því aflminni. þegar loptið eitt er hljóðflytjandi, eða hljóðið getur tálmunarlaust borizt út á alla vegu, þá fer afl hljóðsins allt af mínkandi í öfugum hlutföllum við fertölur fjarlægðarinnar. En reynslan á óhægra með að gjöra oss þetta lögmál áþreifanlegt, vegna þess, að það er svo mörgum tálmunum undirorpið. Menn verða því í þessu tilliti mest að fara eptir reglum þekkíngarinnar, og því, er menn geta fundið með hugsaninni og rèttum ályktunum.

Mörg hljóðfæri eru svo löguð, að það má láta þau hafa svo hátt eða lágt, eins og menn vilja í hvert skipti. þetta á að nokkru leyti heima um fíólínið. þessi hækkan eða lækkan hljóðfæraraddanna fer eptir ymsum umbúníngi innan í þeim, eða því, á hvað hljóðið er látið reka sig. Og með því að athuga þessa hljóðstemprendur á ymsa vegu, verður enn hið þriðja atriði fyrir manni, sem einnig á mikinn þátt í styrkleika hljóðsins, en það er það, hvað næst er umhverfis hinn hljóðanda líkama.

Að lyktum skulum vèr nú athuga nokkur atriði, sem hèr eiga við. 1. Hin síðast nefnda orsök til þess, að afl hljóðsins vex eða mínkar, kemur að mestu leyti saman við eyminn eða endurkveðandann, og 2. það er einmitt hann, sem hjátrúarfullir menn hafa svo mjög villzt á, af því að þeir annaðhvort vildu ekki, eða gátu ekki skilið í honum.

Stefna hins hljóðanda líkama hefir og mikil áhrif á afl hljóðsins. Þannig heyrist til að mynda skotið lengst í þá átt, sem því er miðað í. Þegar hljóðgeislarnir koma þverbeint á eyrað, þá heyrist hljóðið miklu betur heldur en þegar þeir koma skáhallt á það. Þó lítur það svo út, eins og að þetta eigi ekki heima við hljóðið í tónkvíslinni.

12.

TAKMÖRK HEYRANLEGLEIKANS MEÐ TILLITI TIL HÆÐAR OG DÝPTAR.

Náttúrufræðíngunum ber ekki saman um þessi hæðar og dýptar takmörk heyranlegleikans, og það er ekki heldur von: því þau eru svo mikið komin undir kríngumstæðunum. Þannig falla t. a. m. sumum betur háfir tónar og snjallir, en öðrum aptur djúpir og dimmir, allt eptir eðli heyrnarinnar hjá hverjum manni. Vanalega er 32 feta *C*ið álitið að vera hinn dýpsti heyranlegi tónn. En þetta nafn hafa menn gefið þeim tóni, sem er í 32 feta lángri organspípu, sem er opin í efra endann. Í slíkri pípu sveiflast hinn hljóðandi loptstöpull ekki nema 32 sinnum á sekúndunni. Þetta *C* er sá tónn, sem er tveimur áttundum dýpri, en stóra *C* á klaverinu. Enn fremur sveiflast and-*C* (*Contra-C*): 64 sinnum, stóra *C*: 128, litla *c*: 256, lægsti hátónn (*Discant*) eða einstrikað $\overline{c}$: 512, hið tvístrikaða $\overline{\overline{c}}$: 1024, hið þrístrikaða $\overline{\overline{\overline{c}}}$: 2048, hið fjórstrikaða $\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}$: 4096, og hið fimmstrikaða $\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{c}}}}}$: 8192 sinnum á sekúndunni. Þeir tónar, sem nærri því einatt eru einir notaðir á klavèrinu, eru frá and-*F* (*Contra-F*) til fjórstrikaða $\overline{\overline{\overline{\overline{f}}}}$, og veifast á sekúndunni $85\frac{1}{3}$ og 5461 sinni. Eptir því, sem nú hefir verið sagt um takmörk heyranlegleikans á hæð og dýpt, þá byrjar tónaröðin með 32 feta *C*, og endar á sexstrikuðu

g (g) en sexstrikað g sveiflast meira en 24000 sinnum á sekúndunni.

13.
RADDFÆRI MANNSINS.

það hefir á öllum tímum verið hinum lærðu mjög hugleikið, að rannsaka einkunnir mannsraddarinnar, og komast eptir því, hvernig hún myndaðist og hver upptök hennar væri. En samt sem áður eru menn þó enn í nokkrum efa um þetta atriði. Fyrst er það, að slíkar rannsóknir verða einúngis gjörðar á líkum, en ekki á lifandi mönnum, og er það ærin tálmun. þar að auki eru menn enn ekki búnir að fá næga þekkíngu á eðli og lögum hljóðsins, nè á líkams-skipun mannsins.

Loptið streymir út úr lúngunum, og fer þá fyrst inn í barkann. Í barkanum eru allt einir fjaðurmagnaðir hríngir, sem loptið þenur í sundur, en þá kemur þvervöðvi einn, sem dregst meira eða minna saman, og heldur þannig nokkurskonar jafnvægi á við loptið eða loptþensluna. Af þessu flýtur nú, að loptið getur stundum streymt með meiri ákafa en stundum upp í barkann. Úr barkanum fer loptið inn í barkakýlið, raddopið (*Stemmeridse*), kokið og svo fram í munninn og út um hann. Tvær samhliða himnur eru það, sem mynda raddopið, sem er eitthvert hið helzta af raddfærum mannsins. — Sumir líkja raddfærum mannsins við organpípur; líkja þeir þá lúngunum við organbelgina, barkanum við neðra hluta munnstykkisins, o. s. frv. Aðrir líkja þar á móti raddfærunum saman við flautu, og enn aðrir bæði við flautu og organ-pípur undir eins. En vèr ætlum hvorki að lýsa raddfærunum nákvæmlega, nè fjölyrða meira um samlíkíngar manna um þau. þar á móti skulum vèr reyna að gjöra lesendum vorum nokkra grein fyrir orsökum þeim, sem auðsjáanlega liggja til þess, að tónarnir verða hverjir öðrum ólíkir og auðkennilegir hverjir frá öðrum. En þær eru þessar:

1. Að barkakýlið færist upp eða niður. þegar saungmaðurinn ætlar að ná sem allra dýpstum tónum, færir hann hökuna sem lengst niður, til þess að barkakýlið færist sem næst upp að málstólunum.

2. Hvað mikið eða lítið munnur og nasir eru hafðar opnar og hvernig þær eru hafðar opnar. þetta

hefir einkum áhrif á röddina, til þess að gjöra hana einkennilega, en ekki nærri eins mikið á hæð hennar nè dýpt. þessi áhrif lýsa sèr meðal annars á framburðinum á hljóðstöfunum: a, e, i, o, u, og s. frv. (Hver er þá orsökin til þess, þegar maður er nefmæltur?).

3. Lengdarmunur raddhimnanna (ɔ: himnanna, sem mynda raddopið). Á börnum og kvennfólki eru raddhimnurnar stuttar; þær eru vanar að vera hèrumbil tvöfalt lengri á fullorðnum karlmönnum. þetta atriði ræður mjög miklu um hæð og dýpt tónanna, og þar af kemur það, að fullorðnum karlmönnum liggur vanalega rómurinn áttund dýpra, en börnum og kvennfólki.

4. þensla raddhimnanna. því meiri sem þenslan er á raddhimnunum, því mjórra er og raddopið, og því hærri verður tónninn.

Engum snillíngi hefir enn tekizt að smíða vèl þá, sem geti talað, og allar þesskonar tilraunir hafa átt rót sína í einhverjum prettum.

14.
HEYRNARTÓL MANNSINS.

Hljóðgeislarnir koma fyrst að eyravöðvanum (*Öremuskel*) eða eyranu að utan. Tilgángur eyrans er hinn sami og hlustunarpípunnar, sá: að safna hljóðgeislunum saman. Og til þess, að eyrað svaraði sem bezt tilgángi sínum, lèt skaparinn það standa sem bezt út frá höfðinu. þar að auki bjó hann það og út með vöðvum nokkrum, sem gjörðu því unnt að hreifa sig á hvern veg sem vildi. En snemma tóku menn upp á því, að þrýsta eyranu sem fastast að höfðinu, og einkum að gjöra sèr far um að ónýta afl þeirra vöðva, sem vèr verðum opt og einatt varir við hjá hestum, hundum og ýmsum öðrum spendýrum, er þau reysa eyrun og sveifla þeim á ymsa vegu. Úr eyranu fara hljóðgeislarnir inn í hlustina. Hún er loðin innan og er í henni beiskur vökvi fitukenndur, sem kallaður er eyrnamergur. Eyrnamergurinn er bæði til þess, að verja smá pöddum inn í helgidóm eyrans, og til þess, að allir hinir smágjörfu partar heyrnartólanna sè mjúkir og liðugir. Eins og það er ráðanda frá, að vera opt að bora upp hlustirnar með eyrnaskeflum, eða nokkru

þesskonar, allra helzt nema þá fremst í hlustinni, eins er það og hættulegt, að láta eyrnamerginn verða of mikinn, því það eru dæmi til þess, að hann hefir orðið svo mikill, að hlustin hefir öldúngis stíflazt. Standi svo á, að maður þurfi að sofa á þeim stað, sem hætt er við að pöddur kynni að skríða inn í eyrun á manni, þá er ráðanda til, annaðhvort að binda klút um höfuðið, eða stínga ullarlagði (helzt viðarull) upp í eyrun. Varla er svo lítil padda til, að hún gjöri ekki svo mikinn hávaða í eyra manns, að maður þolir hann varla, ef hún kemst á annað borð inn í hlustina. Ef paddan næst ekki út aptur úr hlustinni, þá verður að láta hana drepast inni í henni, og smá-moltnar hún þá úr henni með tímanum. — Trumbuhimna er sú hin smágjörfa himna kölluð, sem skilur hlustina frá trumbunni, sem er á bak við hana. Vöðvi einn þenur trumbuna inn á við, og er sá vöðvi kallaður spennir (*Spænder*). Úr trumbunni liggur pípa ein fram, móti nefinu, og snýr op hennar niður á við, ofan í kokið; þessi pípa dregur nafn af lögun sinni og er kölluð lúður. Hún er allt af full með lopt, og endurnýjast það í henni eins og í lúngunum með því, að það er einatt á sífeldri rás til og frá. Lúðurinn er mjög áríðandi, því þeir menn eru heyrnarlausir, sem hann er svo skemmdur á eða stíflaður, að loptið getur ekki runnið til og frá um hann. — Innan í trumbunni eru 4 smágjörfir kögglar: hamarinn, steðjinn, krínglan og ístaðið. Þau eru öll áföst hvert öðru í þeirri röð, sem vèr töldum þau upp. Hamarinn, sem næst liggur trumbuhimnunni og er áfastur við hana, og ístaðið, sem er áfast við himnu þá, er skilur trumbuna og völundarhúsið, eru út búin með vöðvum. Í völundarhúsinu er forstofan, sem er ílaung og ekki mjög lítil, kúfúngurinn og þrjár hálfbognar pípur.

Það er ekki búið að gánga úr skugga um það enn, án hverra af heyrnartólunum að heyrnin geti ekki átt sèr stað. Sumir halda, að hlustarkögglarnir sè skilyrði hennar, af því að þeir flytji hljóðið frá trumbuhimnunni inn í völundarhúsið. En það er þó ekki svo, því það er ekki dæmalaust, að menn, sem vantað hefir hamarinn og steðjann, hafa heyrt eins vel og hverjir aðrir. En án ístaðsins virðist heyrnin ekki geta átt sèr stað. Ef það dettur af, þá rifnar himna sú, sem byrgir forstofuna, og vökvinn úr henni rennur þá út í völundarhúsið, en við það

missir heyrnarvöðvinn tilfinníngu sína og fylgir því ólæknanda heyrnarleysi.

Vegur hljóðsins eptir eyranu er mjög margbrotinn; þar af kemur það meðal annars, að vèr erum stundum í óvissu um, hverjumegin eða hvar hinn hljóðandi líkami er. Þetta er orsökin til þess, að búktalinn getur talað svo, eins og hljóðið komi ekki frá honum, heldur einhverstaðar annarstaðar að. Búktalinn hefir munninn aptur, og hreifir alls ekki varirnar á meðan hann talar, og þá getum vèr ekki komizt að því á vanalegan hátt, hver það er, sem talar. En það er ekki allt búið enn: búktalinn leikur mest á oss með því, að hann spyr að ymsu og svarar því svo aptur, á þann hátt, að það er eins og að svarið komi lángt að. Engu að síður er þó enginn galdur í list þessari. Ef að hljóðgeislarnir leituðust ekki einatt við að ná sinni upphaflegu stefnu, og ef að loptshristíngurinn yrði ekki allt af öldúngis jafn-mikill á báðum eyrum heyrandans, þá mundi oss enn optar verða það örðugt, að vita hvaðan hljóðið kemur.

Ekki er það með öllu ómissanda, að hljóðið berist inn í trumbuna eða í gegnum eyrun og hlustirnar. Það getur og borizt að heyrnarvöðvanum, eða á einhvern annan hátt, og er oss innan handar að reyna það með ymsum hætti. Þannig getur maður t. a. m. stúngið upp í bæði eyrun, og þó heyrt til stundavita, sem haldið er þètt að enni manns. Nærri því heyrnarlausir menn geta og orðið varir við hljóð eða tóna, þegar þeir halda hlustunarpípu eða einhverjum föstum líkama milli tannanna. Þegar svona stendur á, berst hljóðið eptir hinum fasta líkama eða hlustunarpípunni beinlínis að heyrnarvöðvanum, eða inn í trumbuna eða lúðurinn. Sá sem ekki vill láta bera á því, að hann heyri illa, er vanur að hafa leirpípu uppi í munni sèr og láta annað op hennar snúa að þeim, sem hann talar við. Að lyktum ætlum vèr að minnast á einn viðburð, eptirtektarverðan. Ef maður setur skaptið á tónkvíslinni á höfuð sèr og heldur fast fyrir annað eyrað, þá heyrir maður tóninn miklu betur með því eyranu, sem hann heldur fyrir.

Menn eru vanir að skipta heyrnardeyfu eða heyrnarleysi í tvær greinir: 1. það sem optast má lækna, og er fólgið í göllum á hinum ytri heyrnartólum, og 2. það, sem varla er unnt að

ráða bót á, af því að það er komið af skemmdum á heyrnarvöðvanum.

Þegar vèr hugsum um raddfæri og heyrnartól mannsins, þó vèr sèum annars enn í margri óvissu og efa um eðli þeirra og gagn, hljótum vèr á annan bóginn að kannast við, að öll vor þekkíng hèr á jörðu er ekki nema í pörtum og hálfverk, og á hinn bóginn hlýtur það að vekja laungun vora og áhuga, til að skygnast æ dýpra og dýpra inn undir hulu náttúrunnar, svo að vèr á þann hátt náum að auðgast æ meira og meira að þekkíngu á hinni miklu speki, almætti og endalausum kærleika hans, sem hefir skapað himin og jörð og kallað oss til þess lífs, sem hvervetna er fullt af ánægju og gleði fyrir þá sem kunna að leita þess.

15.

SPURNÍNGAR TIL AÐ RIFJA UPP EPTIR.

Verður það sèð, að hljóðið komi af veifíngum fjaðurmagnaðra líkama? Með hvaða viðburðum verður það sannað? Og með hverju verður það sýnt, að hljóðið komi af röð af veifíngum eða sveiflum? Hvernig sýndum vèr það, að veifíngar líkamans yrðu að koma með vissum hraða hver á eptir annari, til þess að líkaminn gæti gefið hljóð af sèr? Að hvað miklu leyti er hljóðið komið undir loptinu? Hverjar eru hinar helztu tegundir hljóðsins, og hver eru nöfn þeirra? Hvernig berst hljóðið? Hvernig berst það: 1. í lopti, 2. í legi, og 3. í föstum líkömum? Hvaða tilraunir nefndum vèr, er þar að lutu? Hvernig verður það sýnt og sannað, að hljóðið þurfi tíma til þess að komast frá einum stað til annars? Hvernig hafa menn farið að því, að mæla hraða hljóðsins? Og eptir hverju fer hann? Hvaða tilraunir notuðum vèr viðvíkjandi hraðanum? Hvað bendir oss á apturkast hljóðsins? — Hvernig eru líkindi til að flest bergmál myndist? Og undir hverju er styrkur og fegurð bergmálsins optast nær komin? Hverjar eru hinar helztu tegundir bergmáls? Hvar nefndum vèr fegurst bergmál? Hvernig er samtalspípan? hljóðsaukinn? hlustunarpípan? ræðuhvelfíngarnar? Spátyrkjarnir? — Hvernig eru þversveiflur og lángsveiflur, og hver er munur á þeim? Hvernig verður strengurinn látinn skipta sèr í $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ o. s. frv.? Hvaða

tilraunir gjörðum vèr með einstrengíngnum? Hvaða 3 lögmálsatriði nefndum vèr þá? Hvað eru samræmistónar? veifíngasveipur? Hvernig er Eólsharpan og vindharpan? Hvernig á að fara að því, að ná dýpri tón úr strengnum en undirstöðutónn hans er? Af hverju er tónvilla strengjanna von að koma? Hvernig er veifíngum þaninna skinna varið? Hvað er athuganda um stángahljóðfæri? Hvernig eru veifíngarnar á föstum flötum, beinum og bognum? Hvernig eru loptsveiflurnar? Hvernig sèst það, að tónninn kemur úr loptinu innan í hljóðpípunni? Hvernig er blásturshljóðfærunum skipt? Hvað er eymur, eða endurkveðandi líkama? Hvernig eru þau 2 lögmálsatriði, sem eymur fer eptir? Hvernig eru eymbotnar? Hvernig er farið að því, að öskra sundur staupið? Eptir hverju fer afl hljóðsins? Hver eru takmörk heyranlegleikans? Hvernig myndast mannsröddin? Hvaða veg fer loptið frá lúngunum? Hver eru hin helztu heyrnartól mannsins? Hvað er athugavert um búktalann? Hverjir eru hinir sjaldgæfari vegir hljóðsins til heyrnarvöðvans?

SJÖTTA ATRIÐI.

HITINN.

1.

INNGÁNGSORD UM HITANN.

Hitinn er mjög svo þýðíngarmikill, bæði fyrir alla náttúruna yfir höfuð, og sèr í lagi fyrir oss mennina. Hann er eitt af aðalskilyrðunum fyrir vexti og þrifum alls jarðargróða, og fyrir lífi dýranna. Hitinn hefir mikil áhrif á heilsu vora, geðslag, velgengni, unaðsemdir o. s. frv., og þurfum vèr ekki að fara hèr um það fleirum orðum, því það liggur svo í augum uppi.

Ekki ætlum vèr oss heldur að fara að skýra það á þessum stað með mörgum orðum: hvað hitinn í raun og veru sè. Þó getum vèr þess, að hinir eldri náttúrufræðíngar sögðu, að hann væri efni út af fyrir sig, og það efni kölluðu þeir hitaefni. Sögðu þeir, að sumir líkamir drægi þetta efni fremur til sín, en sumir. Hinir ýngri náttúrufræðíngar hafa þar á móti komið með þá tilgátu: að hitinn ætti rót sína í sveiflum eða veifíngum ljóssvakans (*Æther*), og að öldur hans færi lengra en ljóssveifíngarnar. En vèr höldum það víst, að hvorug þessi ætlun sè að öllu leyti rètt; því margir koma þeir viðburðir fyrir, eins og síðar mun verða sýnt, sem ekki verða þýddir eptir þeim.

2.

RÁÐ TIL AD VEKJA EÐA KVEIKJA HITA.

Vèr gjörum ráð fyrir, að flestum lesenda vorra sè það kunnugt, að það má kaldhamra járnið þángað til, að það verður brennheitt og jafnvel þángað til, að það verður glóanda. — Ef eldstáli er slegið á tinnu, þá koma neistar úr tinnunni. Þessir neistar eru bjartir og heitir, og má vel kveikja eld með þeim. Ef þeir eru skoðaðir í sjónauka, þá sèr maður það, að þeir eru í ymsum myndum, sumir hnöttóttir, sumir með allt einum hornum og aungum út úr, sumir eins og smá blöð o. s. frv., og allir bera

þeir það með sèr, að þeir eru bráðnaðir, eða að minnsta kosti glóandi smápartar úr stálinu.

Taki maður tvo búta af nokkurnveginn hörðu trè, en misharða, og gjöri svo stóra holu í annan þeirra, að endinn á hinum komist inn í hana, þá má núa þeim svo lengi saman, að þær fari að brenna. þetta er sú eina aðferð, sem hinar villtu þjóðir kunna, og hafa til að kveikja upp eld með.

Hafi maður þykka og sterka glerpípu með loptþèttri bullu í, þá bindur maður njarðarvetti utan um miðja pípuna, og setur svo annan enda hennar við slèttan vegg. Sè nú bullunni skotið af alefli inn í pípuna móti veggnum, þá sýnist eins og ljósi bregði fyrir í njarðarvettinum, og er það af hitanum, sem núníngurinn kveikir í loptinu innan í pípunni.

þetta þrennt, sem nú hefir verið minnzt á, er nóg til þess, að lesendur vorir geti þegar skilið í hinu fyrsta ráði til að vekja eða kveikja með hita, en það er, að þrýsta líkömunum snögglega saman. Við það þrýstist hinn frjálsi hiti, sem í líkamanum er, saman í minna rúm, og er þá ekki að undra þó hann vaxi, þegar svona er að farið. þess vegna kveða og margir svo að orði um þetta: að hið fyrsta ráð til að vekja hita sè það, að gjöra líkamina fyrirferðarminni, með því að þrýsta þeim saman. þar að auki virðast og fleiri orsakir liggja til þess, er hitinn verður vakinn með núníngi, því hiti líkamans vex því meira, sem núníngurinn varir lengur. þó er það varla ætlanda, að líkamirnir þèttist í raun og veru við núnínginn.

Margir eru þeir viðburðir í náttúrunni og lífi manna, sem undir þetta atriði heyra, og sem vel geta skýrt hugmynd vora um þetta hið fyrsta ráð til þess að vekja með hita. þannig getur t. a. m. kviknað í snúru, sem nýst ótt og títt um ás eða hjól, — hjól og hjólásar verða brennheitir við núníng: — nafrar verða logandi heitir, þegar mikið er borað með þeim af hörðu trè, eða ef menn bora leir, eða stein. — Af þessu kemur það og, að menn hita sèr með því að berja sèr. 1 eða 2 stiga kaldir klakahnausar verða svo heitir við núníng, að þeir bráðna, o. s. frv. þeim, sem þetta er vel kunnugt, mun varla gleymast að bera feiti á hjólása í vögnum, hjólbörum, rokkum o. s. frv.

Hið annað efni til að vekja hita (eða hin önnur hita-uppspretta) er sólin. það er öllum kunnugt, að áhrif hennar eru

ekki ætíð jafn-mikil, hvernig sem á stendur, en hitt er sumum, ef til vill, miður kunnugt, hvað það er, sem eflir þau eða veikir, og skulum vèr þess vegna snúa athugunum vorum að því.

Ef vèr breiðum ýmislega litar voðir á fönn, og látum þær liggja þar nokkurn tíma dags, þá sjáum vèr, að snjórinn hefir lækkað, eða bráðnað því meira undir þeim, sem þær eru dekkri á lit, og mest undir hinum alsvörtu, en lítið eða ekkert undir hinum alhvítu. Þessa tilraun má og gjöra þegar snjólaust er á sumardaginn með öðrum hætti. Þá hefir maður tvö ker, annað hvítt innan, en annað svart, og vel felld glerlok yfir báðum. Kerin eru síðan látin standa í sólargeisla eða jöfnu sólskini bæði, og svo er lokið tekið af þeim og hitinn mældur í hvoru þeirra fyrir sig. Verður hann þá töluvert meiri í svarta kerinu, en í hinu hvíta. Ef þetta er reynt með tveimur málmflögum, annari vel fagri og gljáandi, en annari ófagri og daufri, og sólin er látin skína á þær báðar jafn-lengi og jafn-vel, þá verður hin daufari töluvert heitari, en hin. — Sannleika þann, sem þessar tilraunir hafa bent oss á, orðum vèr þannig:

Bjartir og fágaðir líkamir kasta geislunum frá sèr, og hitna því miklu minna en dökkir líkamir og ófágaðir, sem eins og gleypa geislana í sig og geyma þá, en kasta þeim ekki frá sèr.

Af þessu er það þá auðskilið, hvers vegna að svartir veggir geta í sólskini orðið brennheitir; — að menn eru á sumrum í hvítum, en á vetrum í dökkum klæðum eða svörtum; — að matur og drykkur heldur því lengur og betur á sèr hitanum, sem hann er í fágaðri og hreinni ílátum, o. s. frv.

Það gildir einu hvað lengi menn halda brèfi eða eldsvepp í sólargeislanum; hann hitnar þó aldrei til muna. En sè eldgleri haldið fyrir sveppnum, þá fer undir eins að rjúka úr honum og ekki líður lángt um, áður en kviknar í honum. Með tilliti til þessa setjum vèr á oss: að ef eldglerinu er þannig haldið fyrir sólinni, að geislar hennar falli sem þverbeinast á það, þá gjöra þeir ekki einúngis mikla birtu, heldur og fjarskalegan hita í depli þeim, er þeir koma allir saman á, hinumegin við glerið. Ef að vèr hefðum nú annað eins eldgler, og greifi *Tschirnhausen*, sem lifði á síðara hluta 17. aldar (— eldglerið hans var 2 eða $2\frac{1}{2}$ fets að þvermáli —), þá gætum vèr gjört býsna stórkostlegar tilraunir í þessu atriði. Þó ótrúlegt sè, er það þó satt, að *Tschirnhausen*

kveikti með eldgleri sínu í sverði jarðar og votum trjám, bræddi hvern málm, sem lagður var á holt kol, giörði tígulstein og aðra slíka líkami glóandi o. s. frv. En meira má þó að gjöra með eldskuggsjánum (*Brændspeil*). Með þeim má vekja svo mikinn hita, að hann bræði jafnvel demantinn, sem er láng-harðastur allra steina. Sökum þess, að hitinn verður því meiri í sameiníngardepli geislanna, sem fleiri sólargeislar lenda á eldglerinu eða eldskuggsjánni, þá leiðum vèr af því þessa atriðisgrein:

Því þèttara sem sólargeislarnir falla á líkamann, því meiri hita vekja þeir og á honum.

Ef maður heldur hendinni þannig fyrir sólargeislanum, að hann komi skáhallt á hana, þá verður maður lítils eða einkis hita var á henni, en haldi maður henni þar á móti á þann hátt, að geislarnir komi þverbeint á hana, þá finnur maður til meiri eða minni hita. Það er sama með hvaða líkömum þessi tilraun er gjörð; ályktunin verður ætíð hin sama, og bendir á þá atriðisgrein:

Að því beinna sem sólargeislinn kemur á líkamann, því meiri hita vekur hann á honum, en því minni, sem hann ber skáhallara að honum.

Af þessari atriðisgrein sjáum vèr nú, hvers vegna snjórinn bráðnar fyr á húsaþekjum og brekkum eða hlíðum, sem blasa rètt við sólargeislunum, en á stèttum, grundum og flötum; — að sandur og steinar geta legið svo við sólu á sumrum, að þeir verði svo heitir, að maður þoli varla að taka á þeim; — að sólarhitinn verður svo óbærilega mikill um miðbik jarðar, en því minni, sem nær dregur báðum heimsskautunum; — að sólarhitinn er miklu meiri á sumrum en vetrum, og það þrátt fyrir það, að sólin er einni millíón mílna fjær jörðu á sumrum en vetrum; — að það er ætíð heitara um miðjan daginn, heldur en kvöld og morgna o. s. frv.

Vegna þess að sólin er svo mikilvæg hitauppspretta, þá ætlum vèr að fara hèr nokkrum orðum um hana sèr í lagi.

1. Á fyrri öldum hèldu menn, að sólin væri ógna stórt bál eða eldur. En sú ætlan getur varla verið rètt; jafnvel þó að vèr sèum enn í líkri óvissu og þá um það, hvernig sólinni er varið, hvort hún er t. a. m. einhver ógna stór glóandi líkami. Menn munu varla geta gjört sèr sólarljósið skiljanlegra með öðru en því, að

ímynda sèr, að það auki afl hitaefnis þess, sem í líkömunum er, og að það veki þannig hitann og efli.

2. þessi hitan eða hitaeflíng sólargeislanna fer ekki einúngis eptir þeim kríngumstæðum, sem nú voru taldar, heldur og eptir því, hvað lengi þeir njóta sín. það sýnir og sannar hver dagur og hver stund allt árið um í kríng. þannig er t. a. m. ekki heitast á daginn um sjálft hádegið (12. stund), nè þegar dagur er lengstur, heldur er dagshitinn vanur að vera mestur um miðmundabil (2 stundum eptir hádegi), og árshitinn í júlí- og ágústmánuðum.

3. Loptshitinn kemur af því, að loptið eins og drekkur í sig nokkuð af sólargeislunum, og af því, að nokkuð af þeim kastast út í það frá jörðinni. þar að auki veitir og jörðin, sem sjálf er ein af hinum miklu uppsprettum hitans, loptinu nokkuð af sínum varma. þess vegna hlýtur og loptshitinn að verða því minni, sem lengra dregur burtu frá jörðinni. Með þessu höfum vèr nú leidt rök að því, að það muni varla rètt ætlan, að halda, að sólin sè glóandi hnöttur, því ef svo væri, yrði loptshitinn allt af að verða því meiri, sem nær henni kæmi. — Vèr þekkjum engin lög, sem loptshitinn mínkar eptir.

Taki maður mola af óbrenndu kalki og helli vatni á hann, þá verður hann svo heitur, að maður þolir varla, eða ekki, að halda á honum. Eins er því og varið með b a r ý t i n n (*Baryt*), einskonar stein, sem heyrir til þúngspats-tegundar (*Tungspath*). Ef nokkrir dropar af vitríólolíu eru látnir drjúpa í vatn, þá verður vatnið svo heitt, að það getur auðveldlega sprengt glerílát, sem það er í. Ef brennisteins- og saltpèturs-sýrum er blandað saman, og hellt í terpentínolíu, þá verður sú tilraunin lång-áþreifanlegust af öllum þeim tilraunum, sem nú voru nefndar. Á líkan hátt hitnar og tíðum í votu heyi, korni, kaffe, hampi, hör, lèreptum, ull o. s. frv. — það lögmál, sem hèr kemur fram í öllu þessu, orðum vèr þannig:

þ a ð e r e k k i e i n ú n g i s f l e s t ö l l e f n a b l ö n d u n, h e l d u r o g m ö r g ö n n u r b l ö n d u n, s e m v e k u r h i t a. — það er mjög áríðanda fyrir hvern mann, að kynna sèr sem bezt hverjir líkamir það eru, sem kviknað getur í af sjálfu sèr, og hvernig eldfimni líkamanna er varið, því með því getur maður opt forðast eldsvoða. Vèr ætlum að sýna hèr nokkur dæmi

þess, að slíkt er sjaldan of vandlega hugað, nè of varlega farið með.

Árin 1780 og 1781 kom upp voðaeldur í Krónstað og Pètursborg, í forðabúrum nokkrum, sem byggð voru úr steini og járni. Í fyrstunni gat enginn ráðið neitt í orsökina til eldsvoðans, en seinna komu nokkrir lærðir menn upp með, að hann hefði auðveldlega getað komið af því, að reykjarsalli (*Könrög*) og olía hefði blandazt saman. Katrín önnur Rússadrottníng skipaði þá mönnum þessum að reyna, hvort sú ætlan væri rètt. Komust þeir þá að því, að 40 pund af reykjarsalla, sem eina stund var blandaður saman við 35 pund af hampolíufernís, og svo að nýju vættur í sama fernís og vafinn innan í strigahæru, fór að rjúka eptir 19 stundir, og logaði ef þá komst lopt að honum. Þeir komust og að því, að hör, ull og annað þess konar, sem vöknað hafði í olíu eða tólg, og síðan var þurkað við sólu eða ofnhita, og þar á eptir troðið í sekki, fór að brenna að fám stundum liðnum.

62. ára gömul greifafrú nokkur, að nafni *Cornelia Bandi*, fann einhvern dag til óvanalegs máttleysis og sljóleika, einkum undir borðum. Hún fór því snemma inn í sængurhús sitt og var þar hèrumbil 3 stundir á tali við herbergismeyju sína. Þar næst las hún kveldbænir sínar og fór svo að hátta og sofa. Morguninn eptir gekk mærin inn í svefnherbergið, eins og hún var vön, og ætlaði að vekja frúna. En henni brá í brún, þegar hún kom inn. Frúin var horfin, en á gólfinu var öskuhrúga, og þar sá hún 3 hálfbrunna fíngur, dálítið neðan af fótunum og nokkuð af höfði hennar. Eptir öllum líkindum var þessi voðalegi dauði hinnar öldruðu konu kominn af þeim vana hennar, að bera á sig kamfóru-vínanda. — Á rúminu, rúmtjöldunum og víðar í herberginu fundu menn einskonar sót, sem mjög var eptirtektarvert, og frábrugðið öllu öðru sóti. Brauð, sem þar var inni í skáp nokkrum, var kolsvart af þessu sóti, og ekki var svo húngraður rakki til, að hann vildi líta við því. Af gluggunum í húsi nokkru uppi yfir svefnherberginu draup niður fitukennd, gulleit og viðbjóðsleg vilsa, og loptið inni í því hafði andstyggilegan daun, sem smátt og smátt dreifðist um öll herbergi í húsinu.

Um leið og vèr bendum lesendum vorum enn einusinni á þetta óttalega dæmi, sem hinn frægi læknir *Bianchini* hefir sagt

uákvæmlega frá, hvetjum vèr alla menn til, að athuga vandlega, hversu ill og skaðvæn áhrif of mikil nautn af áfengum drykkjum hlýtur að hafa á heilsu manna, og að varast því alla ofdrykkju eins og hina verstu drepsótt. það eru of mörg dæmi til, að vín hefir logað upp í drykkjumönnum, og að þeir hafa á þann hátt orðið að láta lífið á hryllilegan hátt og kvalafullan. Slík dæmi ættu að vera hverjum heilvita manni nóg til þess, að varast alla ógætilega nautn áfengra drykkja.

Nú erum vèr þá búnir að minnast á það helzta um þær uppsprettur hitans, sem fólgnar eru í áhrifum ymsra blandaðra líkama. þessu næst skulum vèr því fara nokkrum orðum um hinn upphaflega hita jarðarinnar. Jarðhitinn vex alltaf því meir, sem nær dregur miðdepli hnattarins, og það, að ætlun margra lærðra manna, eptir einhverju vissu lögmáli, sem oss er þó enn ekki kunnugt orðið. það er því ekki að undra, að margir ætla að miðja hnattarins sè glóandi og bráðin, og að hitinn fari þaðan út í yfirborð hans, og jafnvel út í andrúmsloptið. Sannanirnar fyrir ætlan þessari eru vanar að vera: a) hitinn í hverunum og Artesíubrunnunum; b) að ísinn þiðnar undan jöklum þeim, er á jörðu liggja, þar sem ekki er meira en 6000 feta hátt yfir sjáfarflöt, og c) að hitinn fer allt af vaxandi því lengra sem grafið er inn í jörðina. þegar komið er 100 feta djúpt inn í jörðina, þá er jarðhitinn fyrst orðinn viss og stöðugur, þ. e. allstaðar eins. Af þessum athugunum leiðir það, að menn sjá, að þau áhrif, sem hverir, regnvatn, kalda loptið og hið margbreytta eðli fjallanna hefir á jarðhitann, eru harla lítil.

Jarðskjálftar og jarðeldar eru víst minna komin undir eldfimni þeirra efna, sem innan í jörðinni eru, en jarðhitanum og hinu fjarskalega þensluafli vatnsgufunnar. Til þess að geta gjört sèr nokkurnveginn ljósa hugmynd um þetta, þarf ekki annað en taka nokkur pund af járnsvarfi og eins mikið af muldum brennisteini, blanda því saman, væta það og hnoða, þángað til að það er orðið eins og hvert annað deig. þá skal grafa deig þetta hèrumbil eins fets djúpt í jörðu niður og troða vel moldu að. Eptir nokkra daga veldur það dálítlum jarðskjálfta, og þá gýs reykur upp af því og logi. þetta má því alíta eins og sýnishorn af eldgosi, þó lítið sè. Ekkert afl annað en gufumagnið er fært um að

lypta nýjum eyjum upp úr sjáfardjúpinu, og hrista heil lönd og hèruð, o. s. frv. Í jarðskjálftanum mikla, sem eyddi borgina *Karakas* í Suður-ameríku 26. dag marzm. 1812, hristist landið 300 mílna lángt út á alla vegu umhverfis borgina. þá hrundu 30 bæir, óteljandi ekrur og akrar ónýttust og meira en 80,000 manna týndu lífinu.

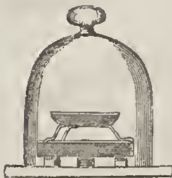
„Hvers vegna er það ætlan svo margra manna, að yfirborð jarðarinnar hafi í fyrndinni orðið að vera miklu heitara en nú er það?" — þessari spurníngu svörum vèr í fám orðum þannig, að þeir menn byggja ætlan sína bæði á vissum steingjörfíngum og ymsum jurtaleifum, sem nú finnast í hinum köldu löndum, en hafa ekki getað þrifizt nè þróazt nema í miklu heitari löndum.

Vèr erum nú búnir að minnast á sumt af því, sem hitinn verður efldur með og aukinn, og þar að auki mun fleira þesskonar vera kunnugt lesendum vorum. Vèr ætlum því að bæta hèr við nokkru um ráð þau, sem menn hafa til þess að mínka hitann með.

það er þá fyrst, að vèr tökum hitamæli, og setjum hann í skugga og síðan í sólskin, og aðgætum í hvert skipti hvað hátt lögurinn í honum nær upp eptir pípunni. Að því búnu setjum vèr kúluna á hitamælinum ofan í njarðarvött, sem drepið er í vatn, og tökum þá upp sömu tilraunina aptur, bæði í skugga og sólskini. Verður þá ályktanin af hinni síðari tilraun gagnstæð ályktaninni af hinni fyrri. þar sem lögurinn í mælinum hækkaði í sólskininu í hið fyrra skiptið, þar lækkar hann nú því meira, sem sólin skín heitara á mælirinn. Orsökin til þessa er fólgin í brottgufan vatnsins (*Fordunstning*). Ef njarðarvettinum hefði verið drepið í vínanda eða ljóssvaka, sem af öllum tegundum lagar rýkur einna fljótast upp, þá mundi breytíngin á lagarhæðinni í mælinum hafa orðið enn meiri. Engar tilraunir um þetta efni eru eins furðanlegar og þær, sem gjörðar eru með loptsdælunni, og höfum vèr talið sumar þeirra hèr að framan, en þó skulum vèr enn bæta nokkrum við.

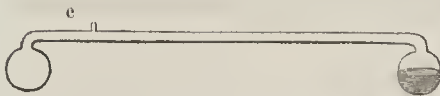
Hið víða glerker (129. mynd), sem sett er undir dæluhjálminn, er fullt af brennisteinssýru. Einum þumlúngi fyrir ofan kerið stendur næfurþunn, flöt skál úr málmi á þremur fótum. Skálin er full af vatni. Þegar farið er að strokka loptið burtu úr hjálminum, þá fer nú vatnið að sjóða. En því hættir það bráðum aptur, og nú sjáum vèr, að það fara að myndast í því allt einir klakaþræðir, og á endanum frýs það með öllu. Við þessa tilraun gleypir brennisteinssýran í sig alla vatnsgufuna, jafnóðum og hún myndast, og flýtir þannig mikið fyrir brottgufan vatnsins. Líkt er og varið þeirri tilraun, sem nú skal segja frá.

129. mynd.



Þegar maður er búinn að útvega sèr eins lagað tól, og hèr er sýnt í 130. myndinni, þá er látið dálítið af vatni í hvora kúluna um sig, en á milli þeirra er glerpípa. Með því að láta vatnið í kúlunum sjóða, knýst loptið út úr þessu einfalda tóli. Að því búnu er gatið *e* brædt saman með kveikíngapípu, og vatnið er látið fara allt saman í aðra kúluna. Tóma kúlan er þá látin standa niðri í smámuldum klaka og salmíaki, eða einhverju þesskonar. Brottgufanin er nú skjót á sèr, svo það líður ekki á laungu áður vatnið frýs og verður að klaka.

130. mynd.



Sömu eru og orsakirnar til þess kulda, sem vèr finnum á votum líkömum.

Engin efnablöndun vekur eins mikinn hita og sú, er kölluð er bruni eða brennsla (*Forbrænding*). Vèr skulum því reyna til þess, að athuga hana nokkuð gjör.

1. Bruninn er skjót sameiníng líkama (t. a. m. kola, mós, viðar, o. s. frv.) við sýruefni (*Surstof*), og verður henni jafnan samfara hiti mikill og birta. Af því að það er optast nær sýruefni loptsins, sem sameinast hinum brennanda líkama, þegar eins stendur á og hèr er gjört ráð fyrir, þá hafa og margir ætlað, að brunanum væri svo háttað, að einúngis annar líkaminn brynni, en hinn hèldi brennslunni við. Vèr skulum nú sýna, hvað þessi ætlan er ástæðulaus, eða hvað það er,

sem rángt er í henni. — Þegar kveikt er í brennisteini á vanalegan hátt, þá sjá það allir, að hann brennur. Taki maður nú brennisteinslopt, og láti í það vel hitaðan eir, þá er það eins og lopt, sem ekki gjörir annað, en að næra eldinn, eða halda honum við. — Vèr skulum taka oss annað ljósara dæmi. Maður skyldi láta töluvert af sýruefni renna í gegnum örmjóa pípu saman við vatnsefnislopt, og þá mundi maður segja, að sýruefnið brynni í vatnsefnisloptinu. Af þessu sjáum vèr nú, að við hverja þá efnablöndun, sem svona er varið, verður maður að álíta, að hvor líkaminn um sig brenni.

2. Brennslan myndar optast nær einhverja nýja lopttegund. Ef t. a. m. brennt er viði, þá myndast við það loptkynjuð kolsýra, og vatnsgufa, sem hverfur á burtu öldúngis eins og kolsýran. Í rakinu eða kveiknum í ljósinu breytist ljósmaturinn í loptkynjaðan líkama. Litlu bólurnar, sem allt af eru að koma upp eptir rakinu í kertinu, eða kveiknum í lampanum, eru fullar af eldfimu lopti. Þeir líkamir einir brenna með loga, sem þegar breytast í lopt áður en þeir brenna. Það er með öðrum orðum: að loginn er aldrei annað, en brennanda lopt. Reykurinn, sem optast nær verður brennslunni samfara, kemur af því, að mikill fjöldi af pörtum líkamans nær ekki þeim hita, sem þarf, til þess að þeir geti brunnið, og rjúka því burtu.

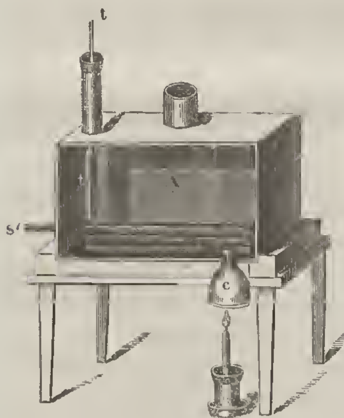
3. Líkaminn þarf að ná vissu hitastigi, til þess að það geti kviknað í honum, þ. e. til þess, að hann geti brunnið. Þetta hitastig er ákaflega misjafnt, en það fer þó enganveginn eptir því, hvað líkamirnir eru nær- eða fjær-skyldir sýruefninu. Það eitt vitum vèr með vissu um þetta atriði, að það fer opt eptir hinni aflfræðislegu (*mechanisk*) skiptíngu líkamanna. Ljósberavatnsefnisloptið (*Phosphor-Vandstofgas*) þarf ekki annað til þess, að í því kvikni, en að andrúmsloptið snerti það að eins. Ljósberi brennur við $37\frac{1}{2}$ hitastig, en á vaxkertinu kviknar þar á móti fyrst við 300. hitastig á mæli *Celsius*. Reynslan sýnir það einatt, að líkaminn getur kólnað svo í loptinu, að hann hætti að brenna; t. a. m. kol, sem lagt er á kalt járn, og ljós, sem sett er í það lopt, sem of mikið köfnunar efni er í. Þegar svona stendur á, eins og ráð var gjört fyrir um ljósið, þá er hitinn auðsjáanlega of lítill til að geta hitað köfnunarefnið, og sýruefni það, sem er saman við það, til 300. hitastigs.

4. Þess fljótari er brennslan, sem meiri nægð er

af sýruefni í kríngum líkama þann, sem brennur. Vèr höfum áður drepið á þetta mikilvæga atriði hèr að framan, þegar talað var um lífsloptið. Vèr ætlum því ekki að tefja oss á því, að skýra það fyrir oss á þessum stað, hvernig vindurinn á annan bóginn flýtir brennslunni, og á hinn bóginn heit loptgusan úr smiðjubelgnum. Vèr getum þó ekki stillt oss um, að minnast á eina tilraun, því oss þykir hún svo fögur. Taki maður nokkurra þumlúnga lángan járntein, glóanda, og bregði um hann stálþræði, og veifi honum svo ótt og títt í frjálsu lopti, líkt og slaungu er sveiflað, þá gefst manni eitthvert hið bezta færi á að sjá, hvað mikils hið aðstreymanda lopt má sèr, til að efla brennsluna og hraða henni.

5. Vilji maður ákveða hitamegnið í brennslu líkama nokkurs, þá er bezt að taka vandlega eptir því, hvað viss mælir af hreinu vatni hitnar um mörg stig á meðan á brennslunni stendur. Til þessa er brunamælir (*Calorimeter*) **Rumfords** einkar hentugur. Í 131. mynd er *A* eirker, fullt af 0 mælistiga heitu vatni. *ss* er pípa, og gengur annar endi hennar niður um botninn á kerinu, og er hann lagaður eins og sýgill, *c*. Hinn endi pípunnar *s'* stendur þverbeint út úr kerinu. Innan í kerinu liggur pípa ein í bugðum, eins og myndin sýnir. *t t* er hitamælir, og verður hann að vera lagaður eptir brunamælinum. Ef að líkami nokkur er látinn brenna neðan undir opinu *c*, þá segir hitamælirinn *t t* til þess, hvað vatnið er orðið heitt, en það er undir eins hitastig brennslunnar (brunastig líkamans). Eptir þeim athugunum, sem gjörðar hafa verið með brunamæli þessum, má hita til suðu (frá 0° til 100°).

131. mynd.



15 pund af vatni með 1 pundi af vanalegum mó,
30 — - — - - — af góðum mó,
36 — - — - - — af vel þurru trè,

60	pund	af vatni	með	1	pundi	af slæmum steinkolum,
70	—	-	—	-	-	— af góðum steinkolum,
73	—	-	—	-	-	— af beztu viðarkolum,
80	—	-	—	-	-	— af vanalegri tólg,
93	—	-	—	-	-	— af hreinsaðri róuolíu,
112	—	-	—	-	-	— af góðri viðarolíu (bómolíu), og
230	—	-	—	-	-	— af vatnsefnislopti.

Af þessu sèst það meðal annars, að menn hafa fulla ástæðu til, að tala um gæðamun á eldivið, eða að ein tegund eldiviðar sè hitameiri en önnur, og það jafnvel sama tegund, eins og hèr er sýnt um móinn og steinkolin.

6. Eins og það má auka og efla eldinn (brennsluna) með ymsum hætti, eins má og mínka hann eða slökkva með mörgu. Vatnið er einna bezt til að slökkva með eldinn. En þess ber að gæta, þegar slökkva skal eld með vatni, að vatnið þarf að vera því meira, sem eldurinn er meiri. Sè vatnið of lítið í samanburði við eldsmegnið, þá eykur það eldinn í staðinn fyrir að mínka hann; því eldurinn aðgreinir þá frumefni vatnsins, og drekkur sýruefni þess í sig, en losar vatnsefnið og lætur það rjúka burtu í gufu. Þegar talað var um lífsloptið og köfnunarloptið hèr að framan, þá var enn minnzt á fleiri ráð til að slökkva eldinn með, og látum vèr oss nægja, að benda hèr lesendunum til þess að nýju.

3.

ÁHRIF VAXANDA OG MÍNKANDA HITA Á LÍKAMINA.

Til þess að gjöra oss áhrif hitans á ymsa líkami vel skiljanleg, þyrftum vèr að hafa: 1. lopthelda og öldúngis óskemmda svínsblöðru; 2. þunnt lyfjaglas með laungum og mjóum hálsi á, og 3. kúlu og hríng úr járni. Þegar maður kreystir blöðruna vel saman milli handa sèr, þá verður hún að mestu lopttóm, og skal þá binda fyrir hana vandlega. Að því búnu er hún lögð við heitan ofn eða hellu. Lyfjaglasið er fyllt upp í miðjan háls með köldu vatni (öli, mjólk, vínanda, eða hverjum öðrum legi, sem vill) og merki sett við yfirborð þess. Síðan er það hitað með mikilli vareygð. Járnhríngurinn á ekki að vera svo stór, að kúlan komist í gegnum hann, á meðan hann er kaldur, en nú er hann hit-

aður svo, að hann verður rauðglóandi. — Við þessar tilraunir höfum vèr nú sèð það, að blaðran smá-þenst út við hitann, og það svo mjög, að hún mundi á endanum springa, ef hún væri látin liggja svo lengi á ofninum eða hellunni. þetta kemur af því, að loptið, sem eptir var í blöðrunni, þenst svo fjarskalega út við hitann. Líkt er og um vatnið í glasinu. Við vissan hita hækkar það, og hækkar þángað til, að það er komið á vissan stað í hálsinum á glasinu. þá hækkar það ekki lengur, þó að hitinn sè aukinn. Eins fer með hrínginn, að þegar hann er orðinn heitur, þá kemst kúlan í gegnum hann. Af þessu sèst þá, að járnið þenst og sundur eða bólgnar við hita, eins og loptið og vatnið. En engir líkamir bólgna þó eins mjög við hita eins og lopttegundirnar.

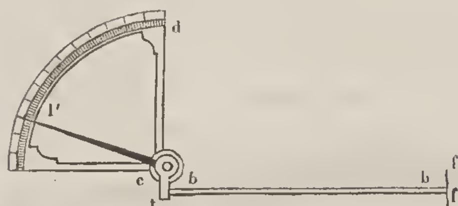
það þarf nú ekki annað, en að láta hina þrjá áminnztu líkami kólna, til þess að sjá hvaða áhrif að vaxandi kuldi eða mínkandi hiti hefir á líkamina. Blaðran fellur þá saman aptur; vatnið kemst niður að fyrra markinu í hálsinum á glasinu, og kúlan hættir að komast í gegnum hrínginn. það er með öðrum orðum: að þessir líkamir hafa gengið það saman (mínkað) við kuldann, sem þeir bólgnuðu (uxu) við hitann. — það er með vilja gjört, að vèr tókum lopt, lög og fastan líkama til tilraunar þessarar; því með því er þá fengið sýnishorn af áhrifum hita og kulda á alla líkami. — Atriðisgrein sú, sem hèr kemur fram, er þessi: l í k a m i r n i r b ó l g n a v i ð v a x a n d a h i t a, e n g á n g a s a m a n v i ð v a x a n d a k u l d a (ɔ: mínkanda hita), og á hún við um alla líkami, sem til eru.

þó lítur það eins út, eins og að þessi atriðisgrein sè ekki með öllu undantekníngarlaus. þannig verður t. a. m. vatnið fyrirferðarmeira við það, er það frýs, og eins ávextir, trè, leir o. s. frv. En þetta eru einskonar missýníngar eða skammsýni. Að ávextir, trè, leir, o. s. frv. sýnast gánga saman við hitann, kemur af því, að vatnið í líkömum þessum gufar burtu við hitann, og við það hljóta þeir að verða fyrirferðarminni (gánga saman). Um ísinn verður síðar talað, þar sem minnzt verður á að binda og leysa hita.

Hinir föstu líkamir bólgna mjög lítið við hita, svo það þarf mikla nákvæmni og athugan til þess, að sjá hvað mikið það er.

Tólið, sem hèr er sýnt í 132. myndinni, er mjög hentugt við slíkar athuganir. *b b* er staung eða teinn úr líkama þeim, sem reyna skal; *f f* er föst mótspyrna, sem staungin stendur við; *t c l'* er hornvogarstaung; *c l' d* er hríngsfjórðúngur (*Quadrant*); honum er skipt í mælistig, og er lengri armur hornvogarstángarinnar þá vísir. Þegar staungin *b b* er hituð, þá verður hún, ef hún þenst nokkuð út á lengdina, að ýta á hinn styttra arm hornvogarstángarinnar *t*, og hreifist hún þá á veltuási sínum, svo að armurinn *c l'* sýnir lengdarþenslu stángarinnar eptir mælinum á hríngsfjórðúngnum.

132. mynd.



Þegar menn vilja athuga þenslu lagar við hita, þá verður fyrst og fremst að velja hentugt ílát til tilraunarinnar. Getur það verið með mörgu lagi, en þó er mælanda með, að það sè eins lagað og 133. mynd sýnir. En það er glerflaska með víðum stúti á, sem á einum stað *a* er eins og klipinn inn. Á þessari mjódd þarf að hafa eitthvert mark. Þegar tilraun skal gjöra með flösku þessari, þá er að athuga: 1. hvað þúng flaskan er, og verður hún að vera vegin á mjög nákvæma vog; 2. er hellt á hana leginum, sem reyna skal, svo miklu, að hann nái upp fyrir mjóddina á flöskuhálsinum; 3. er snjó eða klaka hlaðið utan að flöskunni, þángað til að lögurinn í henni er orðinn 0 stiga heitur; 4. síðan er svo miklu hellt úr flöskunni, að lagarflötinn beri rètt við markið á *a*; 5. er nú flaskan með leginum í vegin, en sèð um það jafnframt, að hiti lagarins (0°) nái ekki að breytast á meðan; 6. er flaskan þar á eptir hituð, svo að lögurinn nái einhverju vissu hita-stigi, t. a. m. því 160. á mæli *Celsius*; 7. þá er þeim legi hellt úr flöskunni, sem nú er fyrir ofan markið á *a*, og 8. er flaskan að lyktum vegin með leginum, sem þá er eptir í henni, 100 stiga heitum á mæli *Celsius*. — Að þessu búnu er nú ekki torvelt að finna lagarþensluna frá 0. til 100. hitastigs, og ætlum

133. mynd.



vèr að skýra það fyrir oss með dæmi. Lögurinn upp að markinu skyldi vera 30 lóða þúngur, þegar hann er 0 stiga heitur, en 29 lóða, þegar hann er 100 stiga heitur. þensla lagarins er þá í sömu hlutföllum og 29 og 30 eða $= \frac{1}{29}$.

Nú er þá eptir að sýna, hvernig finna megi þenslu lopttegundanna við vaxanda hita. það má raunar gjöra það með mörgum hætti, en vèr veljum oss þá aðferðina, sem byggð er á því reynsluatriði: Að þrýstíng lopttegundanna, sem vèr á einhvern hátt tálmum frá að geta þanizt í sundur, vex um leið og hiti þeirra er aukinn, í hinum sömu hlutföllum og þær mundu hafa bólgnað, ef þær hefði verið haptlausar. Loptið í kúlunni *a* (í 134. mynd) skyldi vera fullkomlega þurt og rakalaust, og kvikasilfrið í bognu pípunni hamla því frá allri samgaungu við loptið fyrir utan verkfærið, eða við andrúmsloptið. þegar búið er að gjöra loptið í kúlunni 0 stiga heitt, þá skal hella svo miklu kvikasilfri ofan í opið *b*, að það nái markinu *c* á styttra pípuarminum. Frá markinu *c* er því næst dregin hin lárètta lína *cs*, og þá er fenginn núlldepill stigrima (*scala*) þess, sem markaður er á bak við pípulegginn *bs*. Síðan er hæð loptsþýngdarmælisins *b* nákvæmlega aðgætt, á meðan loptið í kúlunni *a* er 0 stiga heitt, og hvað margar línur kvikasilfrið í lengra pípuleggnum nær upp fyrir núlldepil stigrimans. Loksins er kúlan hituð hægt og hægt, og jafnóðum og loptið í henni þenst í sundur, og þrýstir kvikasilfrinu niður fyrir markið *c*, er svo miklu kvikasilfri hellt ofan í *b*, að það nái aptur markinu *c*. Af þessu má nú sjá vöxt loptsþrýstíngarinnar. — En vèr ætlum nú að kynna lesendum vorum fáeinar atriðisgreinir um þenslu líkamanna við hita.

134. mynd.



1. Samloðan lopttegundanna er svo lítil, að hún veitir hitanum enga mótspirnu, og þess vegna bólgna allar lopttegundir jafnt við hvert hitastig sem er. Flestallir fastir líkamir gjöra það einúngis á hitastigunum frá klakamarki til suðudepils. Legirnir

fylgja þar á móti engri vissri reglu í þessu efni, nema kvikasilfrið einúngis.

2. Líkamirnir þenjast sundur (bólgna) með sama afli og sú mótspirna er, sem þeir beita móti samþrýstíngu sinni, og er það því mikið afl. Eins og þessu afli er varið, eins er og því afli háttað, sem fram kemur við vaxanda kulda líkamanna.

3. það má mæla vöxt eða þenslu líkamans við vaxanda hita á þrjá vegu.

4. Menn aðgreina sýnilega og verulega þenslu lagar og lopttēgunda. það er mjög ervitt að ákveða þessa hina verulegu þenslu, og ekki nema einstöku manns meðfæri.

5. *Lavoisier*, *Laplace*, *Dulong*, *Petit*, *le Roy*, *Herbert* og fleiri miklir menn hafa gjört sèr mikið far um að rannsaka það nákvæmlega, hvernig þensluafli hitans er varið á ymsum líkömum. Til þessa hituðu þeir þá líkami, er þeir vildu reyna, frá 0 hitastigi til suðu. Ef vèr gjörum nú ráð fyrir, að kvikasilfursstöpullinn í loptsþýngdarmælinum sè 27 þumlúnga og 6 lína hár, og lengd líkamanna væri tiltekin í 100,000 pörtum af einhverju máli; þá þenst gler sundur (bólgnar) um 83 slíka parta, gull um 94, stál 122, járn 125, eir 170, silfur 189, látún 193, tin 248, blý 286, kvikasilfur 1850, vatn 4517, línolía 7200, vínandi 8700 og andrúmslopt 40,300. Af þessu, sem nú var sagt, er og auðsèð, hvers vegna að menn hafa ker þau heldur úr gleri en málmi, sem við eru höfð þegar mæla skal þenslu lagar og loptteguuda við hita.

6. það er alkunnugt, að margir líkamir, sem vel tolla saman á meðan þeir eru heitir, detta snögglega sundur þegar þeir eru kældir. Dæmi upp á þetta er t. a. m. heitt lakk, sem er látið drjúpa á látún; það tollir vel við látúnið á meðan það er heitt, en dettur frá þegar það er kalt orðið. Orsökin til þessa er sú, að lakkið dregst meir saman og skjótar við kuldann, en látúnið. Sama er og orsökin til þess, að glerílát, pelar, glös, flöskur o. s. frv., springa mjög tíðum, ef menn hella skjótlega í þær kaldar bráðheitum legi. þeir partar þessara íláta, sem næstir eru leginum, þenjast þá miklu skjótar sundur, en hinir, sem fjær eru leginum. þar að auki er og glerið eptir eðli sínu stökkt mjög, og hjálpar það mikið til þess, að það springi.

Opt og einatt sjáum vèr afleiðíngar af þenslu líkamanna við hita, og samdrætti þeirra við kulda. þannig eiga t. a. m. þeir líkamir, sem gjörðir eru úr leir eða deigi, mjög þátt í að springa, eins og sjá má á brauðum og allskonar leirmyndum og leirkerum. þessi er og orsökin til, að naglinn hrökkur úr löðinni, undir eins og hann er nógu kaldur orðinn til þess, o. s. frv.

4.

HITAMÆLIRINN (*THERMOMETER*).

Á öllum öldum hafa menn fundið til þess, hvað það er opt og tíðum nauðsynlegt, að geta mælt veðurhitann (loptshitann). þó hefir þetta orðið enn ljósara á hinum síðari tímum, og mikið mundi nú þykja vanta, ef ekki væri til tól það, sem hiti og kuldi flestallra líkama yrði mældur með, og það miklu nákvæmar og vissar, en höfundar þess hefði þorað að gjöra sèr von um, þá er þeir bjuggu það fyrst til. Tól þetta er kallað hitamælir (eða frostmælir), og skulum vèr nú reyna til að gjöra oss nokkra grein fyrir eðli hans og lögun.

135. mynd er uppdráttur af hitamæli. Pípan er úr gagnsæju gleri, og ríður mjög á, að hún sè allstaðar öldúngis jafn-víð. það má reyna það með því, að láta einn dropa af kvikasilfri í hana, og aðgæta svo, hvað lángan part af pípunni hann tekur hvervetna upp, þegar henni er haldið á hliðinni og droppinn svo látinn renna hægt og hægt og til og frá. Hvítu strikin í myndinni eiga að sýna þessa kafla, og eru þeir allir öldúngis jafn-lángir, þegar pípan er öll saman jafn-víð. Kúlan á pípuendanum er úr fjaðurmagnaðri viðarkvoðu (*Gummi-Elasticum*; — strokleðri), og þegar þrýst er á hana, þá færist kvikasilfursdropinn dálítið áfram í hvert skipti; hún er því einkar hentug við próf þetta. Sè nú pípan allstaðar jafn-víð, sem mjög er sjaldgæft, þá er hún efni í góðan hitamæli; En sè hún mis-víð, þá er annaðhvort, að hún verður ekki notuð, eða að mælistigin utan á henni verða að svara til svo jafn-stórra rúmkafla innan í henni, sem unnt er.

135. mynd.



En nú vantar glerkúluna, þó að pípan sè fengin, og er hún búin til á þann hátt, að annar endi pípunnar er hitaður yfir

bræðslulampanum (*Smeltelampe*), sem kallaður er. Þar næst hefir maður dálítinn járn- eða eirtein, sem alltaf þarf að vera í eldinum, til þess að hann sè alltaf heitur. Með teini þessum er hið bráðnaða gler elt, svo að það verði hnöttótt eins og dropi. Síðan er blásið í hinn opna enda pípunnar, og kúlan þannig smátt og smátt mynduð.

Þegar þetta er búið, er nú næst að láta löginn í kúluna. En hvaða lögur er hentugastur í hitamælinn? Það er sjálfsagt kvikasilfur; því að: 1. tekur það mjög brátt við öllum áhrifum hita og kulda; 2. frýs það og sýður mjög seint; 3. þenst það mjög reglulega sundur, að minnsta kosti á bilinu á milli 0. og 100. hitastigs, og loks, 4. er það optar hreint og óblandað til í náttúrunni, en nokkur annar lögur, og er það ekki lítils varðanda. — Þegar menn ætla því að láta kvikasilfrið í mælinn, þá er kúlan og pípan hituð bæði samt, og þegar loptið er orðið svo þunnt og lítið, sem verða má, innan í þeim, þá er pípan sett á opið ofan í ker nokkurt með kvikasilfri í. Fer þá kvikasilfrið upp eptir pípunni og inn í kúluna, og er þessu haldið áfram þángað til að nóg þykir í mælinum. Aðrar aðferðir við þetta hirðum vèr ekki um að nefna á þessum stað.

Nú er að bræða saman opið á pípunni. Er þá annaðhvort, að pípan og rúmið í kríngum op hennar er lopttæmt, eða menn láta meira lopt inn í pípuna. Síðan er hún dregin upp í örmjóan topp, og svo hituð yfir hægum eldi, svo að kvikasilfrið stígur upp eptir henni, og í sama augnabragði og það ætlar upp um opið á pípunni er brædt fyrir það með kveikíngapípu. Hèr eptir er kúlan látin kólna, og dregst þá kvikasilfrið saman aptur; laga menn þá pípuendann og gjöra hann ávalan, og gánga svo frá honum, eins og siður er til.

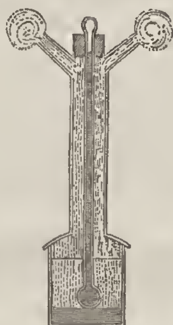
En til þess að hitamælirinn geti nú orðið að notum, þá þurfa að vera á honum ákveðin mörk, sem sýni hvað kvikasilfrið hækkar og lækkar mikið í pípunni, eptir því sem á stendur í hvert skipti. Það er því smiðshöggið á tóli þessu, að marka stigrima (*scala*) þann, sem hverjum hitamæli verður að fylgja. Til þess að geta nú markað hann rètt, þá er fyrst tekinn klaki, sem er að þiðna, og kúlan á pípunni sett ofan í hann. Síðan er það vandlega aðgætt, hvar kvikasilfrið nemur staðar í pípunni, á meðan klakinn er að renna; þar er sett mark við utan á pípunni, og er það

klakamark (*Frysepunkt*) mælisins. 136. mynd sýnir, hvernig mælirinn stendur niðri í klakanum á meðan verið er að finna mark þetta. Þessu næst er mælirinn settur ofan í hálslángt ker. En í kerinu er hreinsað vatn, og er það hitað svo að það sjóði. Þetta er sýnt í 137. myndinni.

136. mynd.



137. mynd.



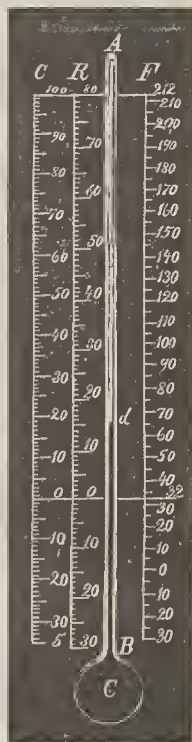
Hækkar þá kvikasilfrið í pípunni, og nemur ekki staðar fyr en á vissri hæð; þar setja menn strik við, og kalla það suðumark (*Kogepunkt*). Þessi tvö mörk eru nú kölluð hin vissu mörk, og bilið á milli þeirra undirstöðubil hitamælisins. Því er síðan skipt í fleiri eða færri jafn-lánga kafla, eða stig. Eptir *Luks* eða *Rèaumurs* lagi er því skipt í 80 stig; eptir *Celsius* eða hinu nýfrakkneska lagi í 100 og eptir *Isle's* lagi í 150 stig. *Rèaumur* og *Celsius* telja stigin frá klakamarki, *de Isle* telur þar á móti frá suðumarki og verður þá klakamarkið 150. stigið hjá honum. *Fahrenheit* var nafnkenndur hitamælasmiður á fyrra hluta 18. aldar; hann blandaði saman snjó og salmíaki og setti hitamælinn þar ofan í. Með þeim hætti fann hann hið þriðja aðalmark, sem hann kallaði hið smíðaða klakamark, til aðgreiníngar frá hinu fyr nefnda eða hinu eðlilega klakamarki. *Fahrenheit* skipti undirstöðubili mælisins í 180 stig, og bilinu milli beggja klakamarkanna í 32 stig. Hið smíðaða klakamark markaði hann eða táknaði með 0 (núlli), hið eðlilega með tölunni 32 og suðumarkið með 212. Á Englandi er hitamælir *Fahrenheits* mjög tíðkaður, og í hinum öðrum löndum Norðurálfunnar er hann næst hitamæli Rèaumurs einna mest við hafður. Celsiusmælirinn er helzt hafður við allar vísindalegar athuganir. Hitastigin eru táknuð með samlagníngarmerkinu + (*plus*), en kuldastigin með frádragníngarmerkinu — (*minus*). Þetta hefir þó opt leidt menn til þeirrar raungu ætlanar, að líkami, sem var undir klakamarki (0°), hefði engan hita í sèr, en þegar þess er gætt, að kuldastig líkamans geta fjölgað, þá er auðsèð, að líkaminn hefir meiri hita að missa, svo að það verður að hafa verið eptir hiti í honum, þó hann væri kominn niður fyrir klakamark

mælisins. Eptir því, sem nú hefir verið sagt, má það aldrei gleymast, þá er menn tala um hitastig nokkur eða kulda, að geta þess um leið, eptir hverjum mæli að farið er. Það er ætíð gott, að geta verið fljótur að jafna saman stigum hinna þriggja algengustu hitamæla. Vèr ætlum hèr að minnast á það atvikið, sem optast kemur fyrir, en það er það, að 1. stig á hitamæli Rèaumurs er jafnt $2\frac{1}{4}$ á Fahrenheitsmælinn, og að þegar menn vilja heimfæra mælistig Fahrenheits á Rèaumursmæli, þá er ekki annað, en annaðhvort að bæta 32 við eða draga 32 frá (þegar það eru kuldastig, þá er 32 bætt við, en við hitastigin eru þeir dregnir frá), margfalda síðan samtöluna eða leifarnar með 4, og skipta úrurðinni, sem þá verður, með 9.

Til þess að gjöra samjöfnuð þenna greiðari og skiljanlegri fyrir lesendur vora, setjum vèr hèr dálitla samanburðartöflu og mynd (138).

Celsius.		*Rèaumur.*		*Fahrenheit.*
— 20	=	— 16	=	— 4
— 10	=	— 8	=	+ 14
0	=	0	=	32
+ 10	=	+ 8	=	50
20	=	16	=	68
30	=	24	=	86
40	=	32	=	104
50	=	40	=	122
60	=	48	=	140
70	=	56	=	158
80	=	64	=	176
90	=	72	=	194
100	=	80	=	212

138. mynd.

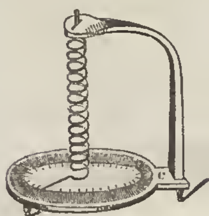


Vèr erum nú búnir að sjá, að tilbúníngur hitamælisins er einna mest kominn undir hita sjóðanda vatns og þiðnanda klaka. það er því áríðanda að athuga, hvort hita- og klakamörkin eru eins óbreytanleg, eins og menn almennt ætla. Kemur það þá fram, að því er enganveginn svo varið. Menn finna það undireins við kuldamarkið, að ef vatn og snjór eru í lögum hvort ofan á öðru, þá er sitt kuldastig í hverju lagi, jafnvel þó að það muni ekki miklu. Sè vatnið hreinsað, þá verður munurinn varla neinn. þess ber og að gæta, að láta það ekki villa sig, að salt vatn þarf meiri kulda til að frjósa en annað vatn, og þiðnar því á öðrum hitastigum, en hið ósalta vatn. Öðruvísi stendur á með suðumarkið. *Fahrenheit* tók eptir því, að vatnið sauð því fyrri, sem kvikasilfrið stóð við lægra stig í loptsþýngdarmælinum, eða því minni sem loptþrýstíngin var. Af því leiðir aptur, að suðumörkum ýmsra hitamæla ber ekki saman. Ekki var lángt um liðið áður margir voru búnir að finna það með tilraunum, að þessi ætlan Fahrenheits var öldúngis rètt. þannig var t. a. m. um frakkneskan mann nokkurn, sem hafði farið upp á fjallið *Mont-Blanc*, að hann tók eptir því, að vatnið sauð þar á 68. hitastigi á Rèaumurs mæli, en kvikasilfrið var þá 16 þumlúnga hátt í loptþýngdarmælinum. þetta höfum vèr og áður reynt með tilraunum vorum á loptsdælunni: að vatnið þarf því minni hita til að sjóða, sem loptsþrýstíngin á það er minni. En þetta fer og mikið eptir eðli vatnsins. Salt vatn sýður seinna, en ósalt vatn. þar að auki getur og kerið, sem vatnið er í, flýtt eða seinkað suðunni töluvert. þannig sýður t. a. m. vatnið fljótar í járnpotti en í leirpotti. Varúðarreglur þær, sem hitamælasmiðnum ríður einkum á að gæta, eru því þessar: 1. að hæð kvikasilfursins í lopts-þýngdarmælinum sè 28 parísarþumlúngar; — 2. að hafa hreinsað vatn, eða að minnsta kosti regn- eða snjóvatn til þess að miða við suðumarkið, og 3. að setja hitamælinn ekki ofan í sjálft vatnið, heldur í gufu þess á meðan það sýður. þegar hann gætir alls þessa, og svo þess, sem vèr höfum áður minnzt á um tilbúníng hitamælisins, þá getur hann verið viss um, að hitamælum sínum beri ætíð saman við sjálfa sig.

það er lángt síðan að farið var að búa til hitamæla úr málmi. Næmastur allra þeirra mæla er Breguets-mælirinn,

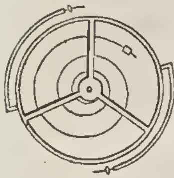
og er hann hèr sýndur í 139. myndinni. Helzti partur tóls þessa er hinn þríþætti hvirfíngaþráður (*Spiralbaand*). Einn þátturinn í þessum er úr gulli, annar úr silfri og hinn þriðji úr lýsigulli. Að ofanverðu er þráðurinn festur í málmboga nokkurn, eins og myndin sýnir, en neðri endinn hángir laus niður. Á honum er smágjör og lètt nál, sem liggur eptir lárèttri stefnu og bendir á markaðan boga. Gullþátturinn í þræðinum er í miðið og einúngis til þess, að halda báðum hinum þáttunum saman. Hvirfíngaþráðurinn er allur saman varla 1 eða 2 millímetra breiður, og þráðarþykktin sjálf er þó lítið meira en $\frac{1}{60}$ af breidd hans. Þráðurinn er því lèttur mjög, og finnur þegar hverja smábreytíngu, sem á veðurhitanum verður. Hríngurinn stendur á þremur fótum, og með því að það er gat á honum miðjum, þá hamlar hann ekki loptinu frá að komast inn á milli hvirfínganna á þræðinum. Optast nær eru menn vanir að hafa glerhjálm yfir tóli þessu. Vegna þess að silfur og lýsigull þenjast mjög misjafnt sundur við hitann, þá er annaðhvort, að þráðurinn eins og vefst upp á sjálfan sig, eða rekst niður, eptir því sem hitinn mínkar eða vex.

139. mynd.



Vèr höfum áður minnzt á jöfnuuarhenglana, sem kallaðir eru, og sem eiga rót sína í sömu lögmálum og náttúruviðburðum, eins og hitamælar þeir, sem úr málmi eru smíðaðir, eða á misþenslu ymsra líkama. Það mætti því, ef til vill, kalla jöfnunarhenglana misþensluhengla. En nú ætlum vèr að minnast á stundavita þá, sem eiga rót sína í þessu atriði. Í þeim er það fjöður ein, sem kemur hreifíngu á „spinnilinn", en hann ræður gaungu stundavitans. Eptir því, sem hitinn vex eða mínkar, þenst og fjöðrin sundur eða gengur saman, og haggast þá gánga stundavitans, svo hann verður of fljótur eða of seinn. Til þess að varna þessu er ýmisleg málmablöndun við höfð, t. a. m. eir og stál, sem þá eru gjörðar úr allt einar smáflögur, en á milli þeirra eru höfð dálítil gullkorn (140. mynd). Gullkornin

140. mynd.



eru til þess að halda þúngamiðju spinnilsins alltaf á sama stað.

það er ekki lángt síðan, að vèr sögðum að kvikasilfur væri allra lopts- og lagartegunda hentugast í hitamæli. þó verður ekki komizt hjá því, að hafa og hitamæla með vínanda í, allra sízt ef mæla skal mjög mikinn kulda. Kemur það af því, að vèr vitum ekki til að kuldinn geti orðið svo mikill, að vínandinn frjósi eða verði að föstum líkama. En aðalgallinn á þessum hitamælum er sá, að vínandinn þenst ekki jafnt sundur við sèrhvert hitastig, og eru þeir þess vegna ætíð markaðir eptir góðum kvikasilfursmælum. Hitamælar þeir, sem lopt er í (*Luft-Thermometer*) eru aldrei vissir. þeir eru eins í lögun og hinir, en kvikasilfrið þrýstir þar ofan á loptið í kúlunni, svo að 1. lyptist það upp við það, er loptið í kúlunni þenst sundur við hitann, og 2. þenst og sjálft kvikasilfrið sundur við hita, samfara loptinu í kúlunni. þess vegna getur þessi mælir aldrei orðið nákvæmur nè viss. Að lyktum verðum vèr að minnast á tvo hitamæla enn, því þeir eru svo mikils varðandi.

Gagnhitamælirinn (*Maximum og Minimum-Thermometer*) eða mesta- og minnsta-hitamælirinn. Innan í mæli þessum er vísir, sem ætíð nemur þar staðar, sem hitinn var mestur eða minnstur á því eða því tímabili, og sýnir þannig hinn mesta og minnsta hita á því tímabili: Gagnhitamælinn má hafa með ymsu lagi, en vèr höfum hèr mynd af honum, eins og *Bellinus* hafði hann. Í kerinu *R* er vínandi og er samgánga á milli þess og tvíbeygðu pípunnar, sem endar í litla kerinu *r*. Kerið *R* og pípan *T'* er fullt með vínanda. Pípukaflinn frá *T'* til *T* er fullur af kvikasilfri, og er sinn járnvísir á hvorum enda þessa kvikasilfursstöpuls. En á milli þeirra og kvikasilfursins eru ofurlítil samanböggluð hár, og eru þau svo fjaðurmögnuð, að þau geta haldið vísirunum kyrrum á þeim stöðum í vínandanum, sem kvikasilfrið flytur þau á, en hamlar þó ekki kvikasilfrinu frá að hreifa þá. þegar gjöra á tilraun með

141. mynd.



gagnhitamælinum, þá leiða menn vísirinn með seguljárni niður á endann á kvikasilfursstöplinum. Ef hitinn mínkar þá á eptir, þá hækkar stöpullinn *R*-megin í pípunni, og vísirinn *T'* nemur þar staðar, er hann kemst lengst upp eptir. Þegar hitinn þar á móti vex, þá hækkar kvikasilfrið í pípunni hinumegin, og vísirinn *T* nemur þar staðar, sem hann kemst lengst upp eptir. Vísirinn *T'* sýnir því minnstan hita, en *T* mestan.

Mismunar-hitamælir Leslies (*Leslies Differential-Thermometer*). Í þessum hitamæli er bogin pípa, með sinni kúlu á hvorum enda. Kúlurnar eru báðar fullar af lopti. Innan í pípunni er litaður lögur. Þegar önnur kúlan er hituð meira en hin, þá þenst loptið í henni sundur og knýr löginn, sem áður var jafnhár í báðum pípuleggjunum, hærra upp undir hina kúluna, eins og 142. mynd sýnir. Þegar lögurinn nær jafnhátt upp eptir báðum pípuleggjunum, þá er þar sett merki við og 0 (núll) hjá, og síðan skipta menn kaflanum frá 0 upp að kúlunni í svo mörg jafn-laung stig sem vill. Mismunarmælir þessi er þá einkum við hafður, þegar menn vilja vita hitamun tveggja staða í rúminu, sem mjög er skammt á milli, eða þegar menn vilja vita hvað hitinn er mikill í brennistað eldskuggsjánnar.

142. mynd.



Þegar mæla skal hita líkama nokkurs, þá þarf kúlan á hitamælinum og nokkuð af pípunni að liggja sem fastast að verða má við líkamann, og það ekki mjög stutta stund í einu. Þess ber og að gæta, að ekkert geti truflað hitamælinn á meðan á athuganinni stendur. Þá má ekki svo mikið sem anda á hann, eða taka á honum með hendinni, því það getur jafnskjótt raskað nákvæmni hans. Hitastig líkamans er það, sem toppurinn á kvikasilfursstöplinum nemur staðar við, og er kyrr við á meðan að mælirinn truflast ekki með neinum hitabreytíngum nè hreifíngu. En hvernig á að fara að því, að mæla hitann niðri í jörðinni (jarðhitann)? Flestir, sem við það hafa fengizt, hafa farið svo að, að þeir hafa tekið pípu, opna í annan endann, fyllt hana með kvikasilfri og látið hana síðan síga ofan í djúpa gjá eða sprúngu, Artesíubrunn eða námagryfju, eða eitthvað þesskonar. Eptir því sem hitinn

vex, þenst nú kvikasilfrið meira og meira sundur, og rennur við það út úr pípunni. Þegar pípan er dregin upp aptur, þá sèst hvað mikið borð er á hana, og er þá ekki annað, en að heita vatn og setja pípuna þar ofan í, og vanalegan hitamæli hjá. Eptir því sem vatnið hitnar, hækkar kvikasilfrið í pípunni og mælinum, og maður tekur nú eptir, á hvaða stigi mælirinn er í því augnabragði sem pípan er barmafull. Það er jarðhitinn á þeirri dýpt, sem mælt var í fyrstu. — Til þess að mæla hitann í sjónum á ymsri dýpt þarf mjög fjölbrotin tól, og þykir oss því ekki vert að fara að lýsa þeim á þessum stað.

Notkun hitamælisins er nú orðin mjög algeng, og hafa athuganir manna á hann leidt til margra mikilsverðra og áríðandi uppgötvana og skýrínga á ymsu. Vèr ætlum að benda lesendum vorum á nokkur hin helztu atriði í þeirri grein: t. a. m. læknirinn getur rannsakað blóðhita mannsins með hitamælinum, hitann í herbergi sjúklíngsins, o. s. frv. Veðurhitann geta menn hvervetna vitað og mælt nákvæmlega með hitamælinum, bæði á fjöllum uppi, niðri í gjám og dölum, og hvar helzt annarstaðar, sem að verður komizt. Í loptsjónafræðinni (*Meteorologie*) er og hitamælirinn til mikilla nota.

Hollendíngurinn *Kornelius Drebbel*, sem lifði um aldamót 17. og 18. aldar, og dvaldi lengst á Englandi, er eptir margra ætlun talinn höfundur þessa nytsama tóls. Aðrir segja að *Galilei* og enn aðrir að *Sanctorius* læknir hafi fyrstur búið til hitamæli. Hitamælir *Drebbels* var í fyrstunni mjög einfaldur og ófullkominn. Hann var búinn til úr glerpípu, sem var með kúlu á öðrum endanum en opin í hinn. *Drebbel* setti pípuna á opið ofan í ker nokkurt með lituðum legi í. Eptir því sem veðurhitinn óx, eptir því þandist loptið í glerkúlunni meira og meira sundur, og spirndi leginum lengra niður eptir pípuleggnum, en við mínkanda hita drógst loptið í kúlunni saman, og hækkaði þá lögurinn aptur í pípunni. Aðalgallinn á þessum mæli er sá, að loptsþrýstíngin að utanverðu er svo mis-mikil, eins og vèr sýndum fram á, þegar talað var um loptsþýngdarmælinn hèr að framan. En einmitt þessi munur á loptsþrýstíngunni getur ollað ærins munar á því, hvað hátt eða lágt að lögurinn fer upp eptir pípunni, jafnvel þó að veðurhitinn sè í raun og veru hinn sami. Menn sáu skjótt

þenna galla og gjörðu sèr far um að rýma honum ut, og heppnaðist það vonum bráðara. Þá er Flórens-hitamælirinn mun betri, hann kom upp á 16. öld og er eignaður háskólanum í *Florens*. Í honum var hafður litaður vínandi, svo að kúlan var full og nokkuð af pípunni. En rúmið sem þá var eptir í pípunni var gjört svo lopttómt, sem auðið var, og opinu síðan lokað. Vínandinn hækkaði nú við hita en lækkaði við kulda. Á þenna hitamæli var og markaður heill stigrimi upp og niður frá einhverju vissu hitastigi. En þetta eina stig varð ekki fremur kallað fast en hvert hinna visst. Það var þess vegna heppilegt, er *Halley* tók eptir því, að kvikasilfrið komst einúngis upp að vissu marki í opinni pípu, sem hann hèlt niðri í sjóðanda vatni. Þetta mark kallaði *Halley* suðumark. Loksins gjörði hinn þjóðfrægi *Newton* þá uppgötvan, sem engu var minna í varið. Hann hlóð klaka utan um kúluna á hitamælinum og þýddi hann með því, að smá-hella á hann heitu vatni, og sá hann þá, að línolían í pípunni stóð alltaf á sama marki á meðan að klakinn var að þiðna. Þetta mark kallaði hann þeymark (*Töepunkt*), eða klakamark, af því að þar byrjaði frost, eða byrjaði þey eða þíða: það var á mótum þiðnanda og frjósanda. Þegar þessi mörk voru fundin, þá var vegurinn greiddur til að geta búið til skipulegan stigrima, og oss er nú orðið það kunnugt, hvaða bætur þeir *Fahrenheit*, *Rèaumur* o. fl., hafa gjört á hitamælinum.

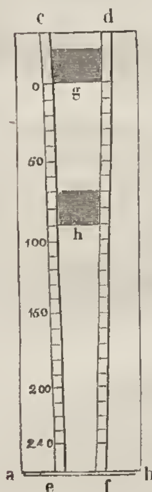
5.

ELDMÆLIRINN (*Pyrometer*).

Allir eru sammála um nytsemi hitamælisins, og þó verður enginn fjarskalegur hiti mældur með honum. Hann er því að litlum eða engum notum í glersteypusmiðjum, eða við járnhreinsun, klukknasteypu og önnur þesskonar störf og íþróttir, sem ákaflega mikill eldur er hafður við. En vegna þess að menn hafa lengi viljað geta mælt þann hita, sem væri jafnvel meiri, en suðuhiti kvikasilfurs, þá hafa menn og gjört margar tilraunir til að búa til mæli, sem slíkur hiti yrði mældur með. En því er miður, að tól þetta er enn ekki svo úr garði gjört, að ekki sè ymsir gallar á því. Þessa mælira kalla menn eldmælira, og skulum vèr nú snúa athugunum vorum að þeim sjálfum.

Fyrst skulum vèr taka eldmæli *Wedgewoods* til athugunar. *Wedgewood* hafði leirinn frá Kornbretalandi (*Cornwallis*) fyrir prófsefni, en sá leir hefir þann eiginlegleika, að hann hleypur allt af meira og meira saman í eldinum, og gengur ekki í sundur aptur þó hann sè snögglega kældur. *Wedgewood* bjó fyrst til deig úr þessum leir, og hnoðaði úr því teninga og sívalninga og þurkaði þá síðan á járnpjáturshellu, sem lá við að vera rauðglóandi. Að því búnu lèt hann þá í enn meiri hita. Til þess að geta sèð, á hvaða hitastigi þessar leirmyndir gengi saman, kveikti hann tvær ferstrendar stengur, *ce* og *df* (143. mynd), á $1\frac{1}{2}$ eða 2 feta lánga og nokkurra þumlúnga þykka málmhellu, *ab*. Stengurnar voru þannig settar, að á milli efri endanna *c* og *d* var 0,5 þumlúnga bil, en á milli neðri endanna *e* og *f* 0,3 þuml. Að því búnu slètti hann leirmyndirnar nákvæmlega utan, og máði af þeim allar hrufur og örður, og gjörði þær mátulegar til að falla á milli stánganna við *g*. Þar gjörði hann mark við innri brún þeirra og setti 0 (núll) við það; það var núlldepill mælisins. Þaðan og niður úr skipti hann staunginni í 240 jafnlánga kafla. Þegar hann lagði einhverja leirmyndina á rauðglóanda járn, og lèt hana vera þar þángað til hún var orðin eins heit og það, þá þurfti hann ekki annað en að láta hana kólna, og leggja hana síðan á milli stánganna á mælinum. Markið, sem leirmyndin nam þá staðar við, sagði til hitastigsins, sem verið hafði á járninu. En í hvaða jöfnuði eru þessi eldmælistig við stigin á hitamælinum? — Til þess að komast eptir því, þarf mikla þolinmæði og alúð, því það er fyrirhafnarmikið og vandasamt mjög. *Wedgewood* gjörði og margar heppilegar tilraunir í því atriði. Hann tók silfurtein og ákvað mjög nákvæmlega hvað mikið hann þandist út: 1. á hitasvæðinu frá klaka- til suðumarks, og 2. frá suðumarki til rauðglóanda. Hann gjörði ráð fyrir að þensla silfurteinsins færi jafnt vaxandi með hitanum, og þá gat hann reiknað út hvaða stig á hitamælinum rauðglóandinu yrði; en það varð 1077, 5. stig eptir

143. mynd.



Fahrenheits mæli. Þegar þetta var búið, hitaði hann silfurteininn enn meira, t. a. m. um tvö stig á eldmælinum. Síðan aðgætti hann hvað þenslunni á teininum leið, og reiknaði hana svo út í samanburði við það, sem áður var fundið. Komst hann þá að því, að hvert stig á eldmælinum svaraði til 130 stiga á hitamæli *Fahrenheits*.

Rauðglóandamarkið er það sama á eldmæli *Wedgewoods* og klakamarkið er á hverjum hitamæli. En aðalgallinn á eldmælinum er einmitt fólginn í breytilegleika marks þessa. Eldmælir *Wedgewoods* hefði getað orðið miklu betri, ef hann hefði valið lægra púnkt og vissara fyrir undirstöðumark: t. a. m. það hitastig sem tin eða blý bráðnar við. Annar aðalgalli tóls þessa er fólginn í tilbúníngi leirmyndanna. Það eru öll líkindi til, að *Wedgewood* hafi sjálfur verið þessum göllum vel kunnugur, því á efri árum sínum bjó hann aldrei til mæli þenna, og er þó mælt, að hann hafi orðið honum að góðu liði í leirsmiðjunni.

Newton reyndi og til þess, að ákveða fjarskalegan hita í mælistigum. Hann tók hæfilega stóran járnbút, gjörði hann hvítglóandi og þakti hann síðan utan með gulli, silfri, eir og fleiri málmum. Þeir bráðnuðu allir. Tók hann þá járnið með öllu saman og lèt það í nokkurnveginn jafnan hita, og athugaði nákvæmlega hvað lángan tíma hinir bráðnuðu málmar þurftu til þess að storkna aptur. Eptir þessu reiknaði hann síðan út hitastigið.

Þá er að minnast á lopts-eldmælinn. Í honum er lýsigullskúla, hol innan og með mjórri pípu út úr á einum stað. Þegar kúlan hitnar, fer nokkuð út úr henni af lopti, um pípuna, en svo er um búið, að ekkert lopt kemst aptur inn í hana. Síðan er það reiknað út, hvað loptið verður að hafa orðið margra mælistiga heitt, til þess að svo eða svo mikið af því færi út úr kúlunni.

Að lyktum ætlum vèr að telja upp hitastig nokkurra líkama við eitthvert vist ásigkomulag þeirra.

						Á eldm. Wedgew.
Kvikasilfur bráðnar við	—	39. stig	á	hitamæli	Cels.	—
Mjólk . . .	— - —	11. —	-	—	—	—
Vín	— - —	5. —	-	—	—	—
Tólg	— - +	40. —	-	—	—	—
Hvítt vax .	— -	68. —	-	—	—	—
Brennisteinn	— -	111. —	-	—	—	—
Tin	— -	228. —	-	—	—	—
Blý	— -	334. —	-	—	—	—
Silfur . . .	— -	1000. —	-	—	—	6
Eir (kopar)	— -	1100. —	-	—	—	7
Gull	— -	1200. —	-	—	—	9
Stál	— -	1300. —	-	—	—	10
Stángajárn	— -	1500. —	-	—	—	13

Brennisteinssýra . . . . sýður við	—	10. stig	á	hitamæli	Cels.
Salt-ljóssvaki	— - +	12. —	-	—	—
þèttuð saltsýra	— -	20. —	-	—	—
Saltpèturkennd sýra . .	— -	28. —	-	—	—
Brennisteinsljóssvaki. .	— -	36. —	-	—	—
Vitríólolía	— -	326. —	-	—	—
Alkóhol	— -	78. —	-	—	—
Saltpètursýra	— -	86. —	-	—	—
Sjóarvatn . . . , ...	— -	104. —	-	—	—
Línolía	— -	315. —	-	—	—
þèttuð brennisteinssýra	— -	327. —	-	—	—
Kvikasilfur	— -	360. —	-	—	—
Hreinsað vatn	— -	100. —	-	—	—

6.

ÚTBREIDSLA HITANS.

Taki maður járntein og hiti annan enda hans í eldi, þá líður ekki á laungu áður hann verður allur heitur, svo að varla eða ekki er takanda á honum. En þó eins sè farið að með brèf eða trè, þá hitnar þó ekki sá hluti þess til muna, sem út úr eldinum stendur. Eins er og um kuldann: járnstaungin verður svo brennandi köld í frostum til að mynda, að varla er takanda á henni;

þar á móti verður trè og brèf aldrei eins kalt. Hvernig stendur á því?

1. þeir partar líkamans, sem í eldinum liggja, flytja hitann til þeirra parta, sem næstir þeim eru, og svo hverjir af öðrum, þángað til að komið er á enda á líkamanum. Á málmstaunginni gengur þessi flutníngur mjög fljótt, en á brèfi og trè stendur aptur leugi á honum.

2. þegar vèr tökum upp bráðkalda járnstaung, þá verður oss opt að sleppa henni undireins aptur, og er það af því, að hún nemur svo fljótt hitann burt úr hendi vorri, að það er líkast brunasárindum, sem vèr finnum þá til. Brèf og trè gjöra þetta aptur á móti smátt og smátt, enda verður oss ekki mikið um það, þó að vèr tökum upp líkami úr því, og það í hvað miklum kulda sem er.

3. það er öldúngis sama hvaða líkami vèr reynum í þessu tilliti; sumir þeirra breiða hita og kulda út á sama hátt og járnið, en sumir eins og trèð og brèfið. Hinir fyr töldu líkamir eru því kallaðir góðir, en hinir síðar töldu illir hita- og kuldaleiðendur.

Auk málmanna eru fáir góðir leiðendur til. — Til þess að komast eptir því, hvaða líkamir eru beztir leiðendur hita og kulda, þá taka menn lánga þræði úr gulli, silfri, eiri og hverjum málmi fyrir sig, og draga jafna vaxhimnu utan um hvern þráð. Síðan er þráðunum haldið öldúngis lárèttum*) og annar endinn látinn vera niðri í einhverjum heitum legi. Sèst það þá, hvernig hitinn leiðist eptir hverjum þræði, á því, að vaxhimnan bráðnar. þessi tilraun er fyrir laungu búin að sýna, að af málmunum er silfrið beztur leiðandi, en blýið lakastur. Í trè breiðist hitinn út á einkennilegan hátt. Vilji maður reyna það, þá er að hafa tvo trèbúta, annan með þvertrè í, eða þverviðiskubb, og annan sem rètt liggur í. þar næst hitar maður annan enda láugviðis-stángarinnar, og það svo jafnt og hægt, sem unnt er, og athugar jafnframt hvernig útbreiðslu hitans á honum er varið. Reynist það þá, að lángviðisstaungin er töluvert betri leiðandi, en þverviðiskubburinn. Jafnvel þó að þetta atvik sýnist ekki mikils vert, er það áríðanda mjög fyrir alla ávexti jarðar. Í miklum vetrarkulda verður hitinn

*) Lárèttir verða þeir að vera til þess, að lagargufan bræði ekki af þeim vaxhimnuna.

fyrir neðan klakamarkið á hitamælinum, og safinn, sem annars er allt af á ferðinni upp eptir trènu, verður þá að klaka, að minnsta kosti þegar kaldast er og frostin mest. þessi kuldi er þó sjaldan saknæmur fyrir trèð. Vegna þess að kjarni trèsins er hèr ekki undirorpinn öðrum kulda, en þeim, sem leiðist þvert um inn í það, þá ollir ekki munurinn á veðurhitanum neinnar skjótrar breytíngar á þenslunni á safapípum trèsins, heldur verður breytíngin einúngis smásaman. Eins fer og hitinn hægt og hægt að gagntaka trèð. En þessi hægu umskipti hita og kulda eru ómetanlega holl og afleiðíngasæl fyrir allar trjátegundir, sem á jörðinni vaxa.

Ef vatn er hitað yfir eldi, þá líður ekki á laungu áður en hitinn gagntekur allt vatnið. Ef vatnið er nú látið sjóða og 2 eða 3 þumlúnga þykku klakastykki hleypt ofan í það, þá rennur það á skammri stundu og verður að vatni. — Taki maður glerílát með ísköldu vatni í og setji niður í það hitamæli, og láti svo lag af olíu ofan á vatnið, þá má halda hitamælinum svo ofarlega í vatninu, að kúlan nærri því snerti olíuna, án þess að nokkur breyting verði sèð á hitanum. Kvikasilfrið stendur þá alltaf á sama marki í mælinum. — Með tilliti til þessa skulum vèr setja það á oss, sem nú kemur.

Heitt vatn er ætíð lèttara í sèr en kalt. þegar vèr hitum því vatn, eða hvern annan lög sem er, þá streyma hinir hituðu partar þess einatt upp, og leiða hitann á þann hátt inn í hina kaldari parta lagarins, sem verða á leið þeirra. þannig hitnar þá lögurinn fljótt, og það lítur svo út, eins og vatnið (eða lögurinn) sè góður leiðandi. En hver sem athugar það, að leiðsla eða útbreiðsla hitans er flutníngur hans úr einum parti líkamans í annan, hann sèr, að þegar partar líkamans fara sjálfir á stað með hitanum, þá er það engin leiðsla, heldur straumur hitans, sem þar kemur fram. Vatnið er þess vegna illur leiðandi, eins og allir aðrir legir. Vilji maður fá enn ljósari ástæður fyrir þessu, þá er bezt 1. að leggja glóandi járnflögu ofan yfir ker með köldu vatni í, og 2. klakastykki undir ker með sjóðheitu vatni í. Hvað lengi sem járnflagan er látin liggja yfir kerinu með kalda vatninu í, þá hitnar vatnið þó varla nokkurntíma ofan á botn í því. Eins fer og með klakann, að hann hitnar ekki, þó hann liggi undir kerinu með heita vatninu í. Hann fer raunar híngað og þángað að bráðna, en þó

að vatninu sè hellt á hann þarf þó býsna lángan tíma til þess hann geti allur bráðnað.

Vèr skulum ímynda oss herbergi nokkurt, altjaldað innan með voðum. það er nú varla unnt að hita svo herbergið, að loptið á milli tjaldanna og veggjanna verði heitt. Ef að þar á móti herbergi undir lopti er hitað, og gat er á loptinu, þá hitnar herbergið uppi á loptinu vonum bráðara. Af þessu sèst, að hitinn breiðist fljótt út um andrúmsloptið. En lögmálsgrein sú, er vèr kváðum upp fyrir legina, á hèr einnig heima: loptið er illur leiðandi, eins og legirnir. Hitinn leiðist ekki út um lopt nè legi, heldur flyzt hann þar með straumi líkamans sjálfs, og vèr megum aldrei blanda saman leiðslu og straumi, því það eru tveir ólíkir hættir, sem hitinn útbreiðist með.

þeir líkamir, sem eru góðir leiðendur, eins og t. a. m. málmarnir, halda mjög skamma stund á sèr hita og kulda. Eptir þessu flokkum vèr og líkamina og köllum hina góðu leiðendur illa hita- og kuldageymendur, en hina illu leiðendur góða hita- og kuldageymendur; því þess verri leiðandi, sem líkaminn er, því lengur heldur hann á sèr hita og kulda.

Vèr skulum nú skýra þetta enn betur fyrir oss með því, að minnast á nokkra þá náttúruviðburði, sem eru komnir undir ýmislegri leiðslu hita og kulda.

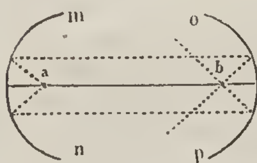
Hár, ull og fjaðrir eru þeir líkamir, sem eiga að skýla allflestum dýrum, og eru þeir mjög illir leiðendur. það er því ekki að undra, þó sum af dýrum þeim, sem eiga heima í hinum kaldari löndum, sè búin ríkulega út með þessa líkami, t. a. m. ísbjörninn, safaladýrið, æðarfuglinn, o. s. frv. þess vegna eru og ull, lín og ymsir dýrafeldir, þeir er menn hafa til klæðnaðar sèr, mjög svo skjólgóðir og heitir, af því þeir varna lífsvaxtarhitanum frá að fara í burtu. þraung klæði eru ekki eins heit og þau, sem vel eru rúm. það er af því, að loptið, sem verður á milli hinna rúmu klæða og líkamans, breytir ekki hitanum svo fljótt, þar sem klæðin eru þá að sínu leyti eins og veggjatjöldin í dæminu um húsið. þar sáum vèr, að loptið á milli tjaldanna og veggjanna var ekki betri leiðandi, en voðirnar sjálfar, og öldúngis eins er því og varið í þessu dæmi, um hlýindi rúmgóðra klæða. þegar vèr vitum nú muninn, sem er á góðum og illum leiðendum, og höfum kynnt oss eðli þeirra og einkunnir, þá mun oss ekki undra það, að túngan loðir t. a. m. við ískalt járn, ef henni er

drepið á það, — að menn hafa hey og moð og ýmsa aðra líkami til að þekja þá líkami með, sem ekki eiga að frjósa á vetrum; — að hinir rússnesku leirofnar, sem eru svo ákaflega þykkir, halda prýðilega á sèr hitanum, úr því þeir eru einusinni orðnir heitir; — að gler springur ekki þó það sè lagt á heitan ofn eða hellu, ef brèf er á milli; — að það er á sumrum kaldara, en á veturna heitara undir torf- eða trèþaki, en undir helluþaki; — að vorsnjórinn er svo góður og frjófgandi fyrir allan jarðargróða, o. s. frv.

Sè maður skammt frá loganda eldi, t. a. m. í smiðju eða ofni, þá ber það opt við, að maður þolir ekki að snúa andlitinu að honum, sökum hitans, sem á það leggur. Þetta er einhver hin áþreifanlegasta röksemd fyrir útbreiðslu hitans. Ef maður leggur aptur ofnhurðina, eða heldur glerflögu fyrir andlitinu í stað þess að snúa sèr undan, þá mínkar hitinn undir eins á andlitinu. Þetta sýnir, að hitinn kastar geislum frá sèr eins og ljósið. Vèr skulum nú taka það saman í 5 atriðisgreinir, sem er eins og aðalefni þess sem vèr getum sagt um útbreiðslu hitans í geislum, eða geislakast hitans.

1. Ilgeislar þeir, sem falla á einhvern líkama, fara sumir í gegnum hann, sumir kastast burtu aptur frá honum, en suma tekur hann í sig og geymir. Vèr tökum steinsalt til dæmis upp á þá líkami, sem ilgeislarnir streyma að sínu leyti eins í gegnum og ljósgeislar fara í gegnum gagnsæjan líkama. — Apturkast ilgeislanna skulum vèr gjöra oss skiljanlegt með tveimur holskuggsjám, sem 144. myndin sýnir. Skuggsjárnar eru settar þverbeint hvor á móti annari, og 10 eða 12 feta bil haft á milli þeirra. Síðan setur maður ljós fyrir aðrahvora skuggsjána, og kemur því þannig fyrir, að loginn á ljósinu sè í brennistað hennar, t. a. m. í deplinum *a* á skuggsjánni *mn*. En í brennistað hinnar skuggsjárinnar *b* er hafður ljósberi, brennisteinn eða einhver annar eldfimur líkami. Líður þá ekki á laungu áður en það kviknar á eldfima líkamanum í brennistaðnum *b*, og sýnir það, að þar hlýtur að vera orðið æði heitt. En svo stendur á með þenna hita, að loginn í brennistaðnum *a* kastar geislum sínum fyrst móti skuggsjánni

144. mynd.



mn, en hún kastar þeim burtu aptur frá sèr samhliða miðdepilslínu (möndli) beggja skuggsjánna móti *op*, og þaðan kastast þeir loks í brennistaðinn *b*. þessar geislakastslínur eru hèr sýndar í myndinni með púnktalínum.

2. Hitamegnið í ilgeislum líkamans fer ekki einúngis eptir hita líkamans, heldur og eptir yfirborði hans. Vèr höfum áður minnzt á nokkrar röksemdir fyrir þessu, þar sem talað var um ymsar uppsprettur hitans, en þó ætlum vèr að bæta hèr nokkrum við. Ef maður hefir ferstrent ílát eða stokk úr pjátri og ein hlið hans er skínandi fögur, önnur slètt en ekki fögur, þriðja ryðguð, og hin fjórða fóðruð með gleri, þá fyllir maður stokkinn með vatni og hitar hann síðan yfir ljósi eða glæðum. Skammt frá setur maður holskuggsjá og hefir hitamæli í brennistað hennar. Pjáturstokknum er nú snúið svo, að hin fagra hlið hans snýr fyrst við skuggsjánni, þar næst sú hliðin, sem fóðruð er með glerinu, svo hin daufa hliðin og seinast hin ryðgaða. Reynist það þá, að kvikasilfrið í mælinum hækkar við hverja nýja hlið, og sýnir það glögglega hvaða ásigkomulag á yfirborði líkamans mest eflir hitaleiðsluna. Ekkert ráð er betra til að varna því, að líkami gefi mikinn hita frá sèr, en að hafa yfirborð hans úr svo fögrum málmi sem unnt er. þá er og auðráðið, hvernig að hitaleiðsla líkamans verður bezt efld og aukin. það er því auðsjáanlega gjört af ásettu ráði, að hafa stofuofna blakka utan, og með allt einum laufum og kerfum. Eins er það og auðsèð af þessu, að vatnið sýður t. a. m. fyr í sótugum katli en fögrum; — að manni kólnar fyr í óhreinum klæðum en hreinum, o. s. frv.

3. Ilgeislarnir brotna á líkan hátt og ljósgeislarnir. — Vèr skulum nú einúngis minnast á eldglerin, sem draga ilgeisla þá, sem í gegnum þau fara, saman í brennistað sinn, og gjöra með þeim hætti svo mikinn hita, að hann bræðir jafnvel gler, ef eldglerið á annað borð er nógu stórt til þess. Vèr þekkjum enn ekkert lögmál fyrir geislabroti ilgeislanna, og þær tilraunir, sem um það hafa verið gjörðar, hafa einúngis frædt oss um, að ilgeislar frá ymsum hita-uppsprettum brotna með ymsum styrk eða afli.

4. Hraði ilgeislanna er jafn hraða ljósgeislanna *). — Sè tvær stórar holskuggsjár settar hvor andspænis annari, og með 80 eða 100 feta millibili, og þannig, að báðar hafi sömu miðdepilslínu, þá þarf ekki annað en láta vel heita járnkúlu eða járnbút í brennistað annararhvorrar skuggsjárinnar, og hafa hitamæli í brennistað hinnar. Hækkar þá kvikasilfrið í mælinum undir eins og járnkúlan er lögð á sinn stað. þessa tilraun gjöra menn til þess, að sjá hvað hraði ilgeislanna er mikill.

5. Ilgeislarnir hita lopt það, sem þeir fara í gegnum, annaðhvort lítið eða ekkert. — þetta geta menn meðal annars sèð af dæmi því, sem vèr tókum af smiðju- eða ofneldinum. þó það sè eins og hitinn ætli að brenna mann á meðan bert andlitið er fyrir eldinum, þá hverfur þessi hiti að mestu eða öllu leyti, ef menn bera eitthvað fyrir andlitið, t. a. m. glerflöguna. Af þessum orsökum hafa menn og tekið upp á því, að gánga með sólhlíf.

Að lyktum ætlum vèr í fám orðum að minnast á eldmennina, sem kallaðir eru, og á eldprófið.

Eptir sögn áreiðanlegra manna, eru þeir menn til nú á tímum, sem geta stigið dans á glóanda járni; — dregið heitan málm um túngu sèr, — borið bráðið tin í lófanum, o. s. frv., án þess að þá saki nokkuð. þessir menn kalla sig eldmenn. það var einusinni, að einn af þessum mönnum bræddi blý, sem hann sagði vera, og gekk svo á því berum fótum þángað til að það var orðið kalt. Annað sinn drakk hann sjóðandi olíu. þó vèr ímyndum oss nú að blýið hafi verið blandað tini og „vismúð", og olían vatni, svo að hitinn hafi ekki þurft að vera neitt fjarskalegur, þá varð þó maðurinn að hafa einhver brögð í frammi til þess að verja sig bruna og skemmdum. þetta var og í raun og veru svo. Eldmaðurinn tók 2 pund af vatni, $\frac{1}{2}$ pund af álúni og 4 lóð af vitríólsýru, blandaði því saman og bar síðan á þá parta eða limi líkamans, sem hann ætlaði að gjöra íþróttina með. þessa aðferð hafa þeir allir eldmennirnir, og fyrir þá sök geta þeir leikið þessar brunalistir. En þó viljum vèr fremur ráða mönnum frá slíkum íþróttum, því þær eru mörgum vandkvæðum bundnar, og eiga skammt til óhappa. þar á móti væri óskanda, að menn legði

*) *Laurent* segir, að hraði ilgeislanna sè $\frac{4}{5}$ af hraða ljósgeislanna, eða fimtúngi minni. *B. G.*

allan hug á að afla sèr klæða úr fjalla-ull (loðgrjóti — *Asbest*), því þau geta ekki brunnið, og menn hafa að ósekju farið í þeim inn í hús, sem stóðu í björtu báli, og bjargað hverju sem þeir vildu. — Fíngurgómar og lófar á járnsmiðum brenna og sviðna og verða eins og horn, svo þeir geta tekið á glóanda járni án þess að brenna sig.

Eldprófið var einn af guðsdómunum, sem kallaðir voru og menn þrifu til þegar önnur gild vitni og ástæður skorti. Eldprófinu var þannig háttað, að hinn seki átti annaðhvort að gánga 9 fet með glóanda járn í lófanum (járnburður), eða gánga berfættur yfir 9 eða 12 plógjárn, sem láu skammt hvort frá öðru og öll voru glóandi heit. Að þrem dögum liðnum var hinn seki skoðaður, og sæi þá nokkuð á honum var hann dæmdur sekur og brenndur. Varð þetta mörgum saklausum manni að bana. Af því sem áður var sagt, um undirbúníng eldmannanna, er auðsèð hvernig á því stendur, að sumir gátu þolað eldprófið, án þess að á þeim sæi.

7.
BUNDINN OG FRIÁLS HITI.

Taki maður 1 pund af 0 mælistiga heitu vatni og 1 pund af 60 mælistiga heitu vatni og helli þeim saman, og aðgæti síðan hitann á blöndunni, þá er hann hèrumbil rètt 30 stig. En reyni maður nú aptur með 1 pundi af snjó eða smámulduin klaka, sem er 0 stiga heitur, og helli á hann 1 pundi af 60 stiga heitu vatni, þá þiðnar nú snjórinn eða klakinn eins og eðlilegt er. En það er eptirtektavert, að þegar þessi blanda er öll orðin að vatni og búin að jafna sig, þá er hún 0 mælistiga heit. — Hvernig stendur á því, og hvað er þá orðið af þeim 60 hitastigum, sem í vatninu voru? — Þau fóru til þess að þíða snjóinn eða klakann, því það þarf eins mikið hitamegn til þess að þíða 1 pund af snjó eða klaka í vatn, eins og til þess að hita 1 pund af vatni frá 0 til 60 stiga. — Þessu næst setjum vèr kalt vatn í opnum katli yfir eld. Hitinn í vatninu vex á hverju augabragði á meðan það fer ekki að sjóða. En úr því vatnið sýður, hitnar það ekki meira. Allur sá hiti, sem þar á eptir fer um vatnið, gjörir ekki annað en að breyta því í gufu. Sömu atriði og fyrir oss hafa borið við hinn þiðnanda snjó og hið brottgufanda vatn, koma

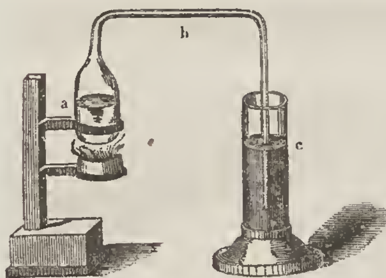
og fyrir þegar fastur líkami breytist í lög, eða lögur í lopt. Með tilliti til þess skulum vèr nú setja þetta tvennt á oss:

1. Sá hiti, sem vèr vitum óglöggt hvað orðið er af, er kallaður bundinn hiti eða falinn.

2. þegar fastir líkamir breytast í legi, eða legir í lopt, þá er það visst hitamegn, sem bæði hverfur tilfinníngu vorri og hitamælinum.

Ef olíu er hellt ofan á vatn í opnu keri, og kerið síðan sett út við glugga á vetrardag, þegar frost er og logn, þá verður vatnið 6 eða 12 stiga kalt undir olíunni en frýs þó ekki. Ef að kerið þar á móti er hrist, þá hækkar kvikasilfrið í mælinum og kemst upp á klakamarkið í sama bili og vatnið byrjar að frjósa. þetta getur ekki verið af öðru en því, að nýr hiti bætist við. — En vèr skulum nú skýra frá annari tilraun. Maður hefir tvö jafnstór ker hvort við hliðina á öðru. Annað er fullt með 0 stiga vatni, en hitt með 80 stiga heitu vatni, eptir Rèaumurs mæli. Helli maður nú saman vatninu úr báðum kerunum, þá verður blandan hèrumbil 40 stiga heit. En öðruvísi fer þetta ef maður hefir 80 stiga heita gufu í staðinn fyrir 80 stiga heitt vatn. Aðferðin til þess að sýna það og sjá, er sem nú segir. Í 145. myndinni er *a* glerker, sem vatnið er í. Undir þetta ker setur maður vínandalampa og hitar svo vatnið með honum, svo það sjóði eða verði 80 stiga heitt á Rèaumurs mæli. *c* er sívalníngur með 0 stiga heitu vatni í, og nær það t. a. m. 11 þumlúnga hátt í sívalníngnum. Glerpípan *b* nær nærri því ofan í botn á sívalníngnum *c*. Pípan er til þess, að gufan, sem myndast í kerinu *a*, renni eptir henni inn í sívalnínginn. Nú er vatnið hitað í kerinu *a*, og fara þá undireins smá loptbólur að koma upp um vatnið frá kerbotninum, og því halda þær áfram, þángað til að vatnið sýður. þá fer þessi gufa yfir í sívalnínginn *c*. Gufan þèttist þegar hún kemur í kalda vatnið og hitar vatnið smátt og smátt, þángað til það sýður á endanum. þá þarf

145. mynd.



ekki að halda tilrauninni lengra áfram, og maður tekur pípuna *b* burtu. Nú er þá að athuga, hvað vatnið nær hátt upp eptir sívalníngnum *c*. Reynist það þá, að vatnið, sem áður náði 11 þumlúnga, nær nú 13 þumlúnga hátt í honum. Taki maður nú eptir því, 1. að vatnið, sem við hefir bæzt, er eins í samanburði við það, sem í fyrstunni var í sívalníngnum, eins og 2 í samanburði við 11, eða 1 í samanburði við $5\frac{1}{2}$; — 2. að það er komið frá kerinu *a* í 80 stiga heitri gufu; — og 3. að það hefir komið suðu upp á kalda vatninu, án þess að missa þó nokkuð af sínum hita, — þá er það ekki efunarmál: að 1 pund af vatnsgufu er nóg til þess að hita $5\frac{1}{2}$ pund af vatni frá 0 til 80. hitastigs á Rèaumursmæli.

Vegna þess að líkt kemur fram við aðra legi og lopttegundir, eins og við vatnið og vatnsgufuna, þegar þær breytast og ummyndast, þá er og reynslulögmál það, sem hèr stendur, með öllu óyggjanda:

Bæði finnum vèr sjálfir og hitamælirinn visst hitamegn koma fram við það, er lopt breytist í lög, og lögur í fastan líkama.

Sá sem kunnugur er þessu lögmáli, á hægt með að gjöra sèr grein fyrir mörgum þeim náttúruviðburðum, er honum hlyti annars að virðast óskiljandi. Þannig sèr hann t. a. m. hvers vegna að það verður allt í einu kalt í því herbergi, sem margir snjóugir menn koma inn í, eða þar sem margar skyrtur, rekkjuvoðir, þurkur o. s. frv. eru hengdar upp, til að taka sig og þorna; — að það er enginn galdur að bræða blý í brèfdeiglu, eða láta vatn frjósa í tinskál, sem stendur niðri í annari skál með klaka eða snjó í og glóðarker er neðan undir o. s. frv. — Hitt lögmálsatriðið er engu síður eptirtektavert. Kemur það fram þegar t. a. m. að frosið vín í flösku þiðnar við það, ef flaskan er sett ofan í ker með ísköldu vatni í, en þar á móti frýs þá vatnið. Sama kemur og fram á frosnum jarðeplum, næpum, rófum, kjöti, o. s. frv., sem farsælast er að þíða á sama hátt og sagt var um vínið í flöskunni. Eins er þegar vatn frýs innan í luktum ílátum, að þá springa þau, og það jafnvel þó þau sè úr járni. Af sömu orsökum er það og, að þegar gufan í katlinum þèttist, svo að hún verður að vatni á lokinu, þá getur lokið orðið mjög heitt.

Vèr ætlum enn að minnast á hin frosnu jarðepli, rófur, næpur og kjöt. Ef að líkamir þessir eru látnir á heitan ofn, hellu

eða ketil, þá verða þeir nærri því eins og hègómi, og að mestu eða öllu leyti óhæfir til nautnar. Sè þeir þar á móti látnir ofan í kalt vatn, þá þiðna þeir og skemmast ekki, og kemur þá ofurlítill klakabaugur í kríngum þá í vatninu. Líkt er og um kalda limi á lifandi mönnum eða dýrum, og eru mörg dæmi til þess, að læknar hafa orðið að sníða af mönnum fíngur og tær, sem þá hefir kalið á, af því að þeir hafa látið hitann koma of fljótt að þeim.

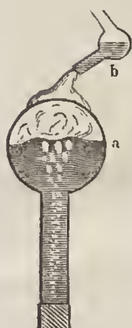
Með því það á hèr svo vel við efnið, að minnast á lífgunaraðferð kalinna manna, þá viljum vèr ekki gánga með öllu þegjandi fram hjá svo mikils varðanda atriði. Það eru dæmi til þess, að menn sem úti hafa legið og verið gaddfrosnir í 3 daga, hafa lifnað við aptur og orðið jafn-góðir. En þá þarf nú samt lífgunaraðferðin að vera í góðu lagi, og sýnir það hversu mikið er undir því atriði komið, að svo sè. Þó geta menn ekki ætíð verið vissir um, að hinn helfrosni maður lifni. Aðferðin er hèr hin sama og við einstaka limi, fíngur eða tær: maðurinn verður allur að hlýna hægt og hægt, því snögglegur hiti er skaðlegur og banvænn. Það á því fyrst að núa hina helfrosnu menn vel og dyggilega með snjó. Við það dregst nokkuð af kuldanum út úr líkamanum, og þá veitist manni nokkur hjálparvon fyrir hinn kalna. Þar næst á annaðhvort að leggja hann í kalt rúm, eða þekja hann í þurru heyi, en þó á höfuðið ætíð að vera bert. Nú kemur þá nokkurra stiga meiri hiti að manninum, en sá var, sem 0 stiga heitur snjórinn gat veitt honum. Er þá hinn kalni maður vanur að fara að ljúka upp augunum, og eins og fyrirhöfnin við lífgunina hefir að sínu leyti verið lítil, eins er það þá unaðsfullt og sælt að hafa starfað að henni.

Hinar viltu þjóðir kunna og þessa aðferð. Þegar til að mynda Kanada-menn finna helkalinn mann á víðavángi á veiðiferðum sínum, þá grafa þeir hann djúpt í fönn og láta hann liggja þar heila nótt. Morguninn eptir fara þeir fyrst að vitja um, hvernig hinum kalna manni líður, og er það þá alltítt, að hann er kominn burtu og farinn leiðar sinnar. Að lyktum tökum vèr það fram, að menn skyldu vera einkar varkárir við greptrun helkalinna manna, því gröfin hefir sömu áhrif á þá og snjórinn.

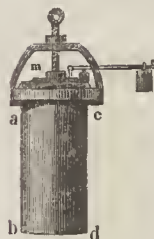
Af því að vèr höfum nú talað svo mart um gufu og suðu, þá ætlum vèr að enda þessa grein með því, að lýsa einum viðburði, sem því heyrir.

Vèr tökum fyrst glerkúlu með laungum hálsi á, eins og 146. mynd sýnir. Kúlan er sett upp á endann og hálffyllt með vatni. það er síðan hitað með vínandaljósi, svo það sýður, og á þann hátt neyðist loptið til þess að fara burtu úr kúlunni. þar næst er tappinn *c* settur í stútopið, og kúlan síðan sett á stútinn, eins og gjört er í myndinni. þegar maður hellir nú köldu vatni ofan yfir kúluna, þá hættir vatnið í henni að sjóða, og kemst undir eins í samt lag og áður. — Í stað þess að segja frá orsökunum til þessa viðburðar, ætlum vèr að lýsa Papínspottinum fyrir lesendum vorum. *Papin* var lærður maður og hafðist við í *Kassel* og *Marburg*. það var um miðja 17. öld sem hann hitti upp á að búa til tól þetta, sem síðan hefir verið notað til ymsra mikilvægra tilrauna. Papínspotturinn er optast nær úr tinuðum eirsívalníngi, *abcd* í 147. mynd. þarf hann að vera vel sterkur, til þess að hann þoli ákaflega mikla þrýstíngu. Yfir þessum sívalníngi er lok, og gengur járnskrúfa niður í það, til þess að það geti fallið ákaflega fast ofan á sívalníngsopið. En til þess að potturinn geti þó ekki sprúngið hafa menn á honum varúðarhana, eða varablöðku, sem myndin einnig sýnir. Jafnvel þó að potturinn sè hitaður fjarskalega, þá sýður þó ekki vatnið, sem í hann er látið. það er af því, að gufan innan í sívalníngnum þrýstir svo fast ofan á vatnið, þareð hún getur hvergi komizt út. Hið ógurlega afl, sem í gufunni er, lýsir sèr helzt við opið á varúðarhananum. — Papínspotturinn hefir frædt oss um tvö atriði eptirtektaverðust: 1. viðvíkjandi afli gufunnar, og 2. viðvíkjandi hinu uppleysanda afli, sem vatnið hefir, þegar það er komið yfir suðu. Hinir allra hörðustu beinköglar leysast þar upp og verða jafnvel að vilsu eða kvoðu. það er sumstaðar á jörðinni, að kjöt verður ekki soðið nema í Papínspotti, af því að þar þarf svo lítinn hita til þess að vatnið sjóði. Vèr verðum þess og einatt varir, hvað það flýtir mikið suðunni að hafa lok yfir pottum og kötlum, og stundum er það mjög áríðanda.

146. mynd.



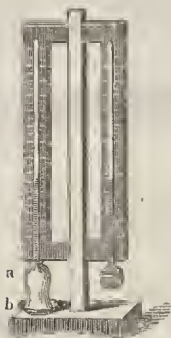
147. mynd.



Eins og hitinn á gufunni vex, eins vex og þensluafl hennar eða fjaðurmagn. Eptir mörgum tilraunum, sem um þetta atriði hafa verið gjörðar, þá stendur kvikasilfrið í gufuþýngdarmælinum (— vèr sleppum lýsíngunni á tilbúníngi hans —) öldúngis jafn-hátt við suðuhita (80° R.), eins og við meðalþrýstíngu andrúmsloptsins, eða 28 þumlúnga hátt; við 98 stiga hita á Rèaumurs mæli er það á 2 sinnum 28 þumlúnga hæð, við 109 stiga hita á 3 sinnum 28 þumlúnga hæð, o. s. frv. Þrýstíngin er þá jöfn 2, 3, o. s. frv. þrýstíngum andrúmsloptsins. Vèr orðlengjum þetta hèr ekki meira, af því að vèr ætlum seinna að skýra lesendum vorum nokkuð frá gufuvèlinni, en þar verður talað um hið fjarskalega afl, sem í gufunni er.

Mörg eru tól þau, sem notuð hafa verið til þess að komast eptir vætunni í loptinu, og mæla hana. Vèr ætlum að nefna eitt þeirra, loptsvætumælirinn (*Psychrometer*) sem kallaður er. Upphafsmaður hans er nefndur *August*, lærður maður nokkur í Berlinni. Loptsvætumælirinn er hèr sýndur í 148. myndinni. Í honum eru tveir hitamælar, sem hánga beint niður hvor hjá öðrum. Þeir þurfa að vera nákvæmir mjög, vel gjörðir og öldúngis samhljóða. Utan um kúluna á öðrum þeirra (*a*) er mússulín (*Mousselin*), og stendur hún niðri í dálítilli skál með vatni í, *b*. Vatnið í skálinni gufar upp og gjörir það kulda, en kuldinn ollir því aptur að kvikasilfrið lækkar í hitamælinum. Sè nú loptið í kríngum kúluna *a* fullt af vætu, þá færist kvikasilfrið í pípunni hvorki til nè frá, og er þá ekki annað eptir en að finna loptsvætumælismuninn, eða hitamun beggja mælanna. Munur þessi segir til, hvað loptsvætan (vætan í loptinu) er mikil. Reynsluatriði það, sem loptsvætumælir Ágústs er byggt á, er þetta: því minni sem vætan er í loptinu, þess fljótar gufar vatnið burt, og þess meira lækkar kvikasilfrið í þeim hitamælinum, sem vatnsskálin er undir. Sè tól þetta athugað snemma að morgni dags, þá segir það nokkurnveginn rètt til, hvort þann dag muni koma regn eða ekki. Þó er rakamælir Danjells (*Daniells Hygrometer*) ef til vill enn betur fallið til slíkra at-

148. mynd.



húgana, hann á rót sína í sama reynsluatriði og loptsvætumælirinn.

8.

EDLISHITI LÍKAMA, EDA LÍKAMAHITI.

Vèr höfum nú tvö ker, og er í öðru þeirra 1 pund af 24 og í hinu 1 pund af 72 stiga heitu vatni, og hellum vèr því saman í eitt ker. Síðan rannsökum vèr hitann með mælinum, og er hann þá hèrumbil 48 stig. Vèr tökum þessa tilraun upp aptur, og höfum þá 1 pund af 24 stiga heitri terpentínolíu, í staðinn fyrir 1 pund af 24 stiga heitu vatni, sem áður var haft. Síðan hellum vèr 1 pundi af 72 stiga heitu vatni saman við olíuna, og hitinn í blöndunni reynist þá 56 stig. — Þessu næst tökum vèr 1 pund af 0, og 1 pund af 36 stiga heitu vatni, og hellum því saman. Verður þá blandan 18 stiga heit. Öðruvísi fer ef vèr látum 1 pund af 36 stiga heitu járni ofan í 1 pund af 0 stiga heitu vatni. Hitinn í blöndunni verður þá ekki nema 4 stig. — Þannig erum vèr þá búnir að reyna það, að þegar vèr blöndum olíu og vatni saman, þá er hitinn 14 stigum of lítill. Hvernig ætli standi á því? — Vèr skulum enn gjöra eina tilraun, og vita hvort hún getur ekki hjálpað oss til þess að skilja þessi atriði. Vèr höfum enn sem fyrri tvö ker, sem bæði verða að vera öldúngis eins löguð. Í öðru höfum vèr vatn, en í hinu terpentínolíu, sem bæði er jafn-heit vatninu og jöfn því að pundatali. Þar næst eru bæði kerin hituð yfir vínandalampa, og það svo jafnt sem unnt er. En til þess að geta allt af sèð hvað hitanum líður, þá er sinn hitamælir hafður í hvoru kerinu, og kemur það þá fram, að hitinn vex meira í olíunni en í vatninu. Af þessari tilraun verður bert: Að undir 1 pund af vatni þarf 2 loga, til þess að það verði jafn-heitt á jafn-laungum tíma og terpentínolía, sem 1 logi er undir.

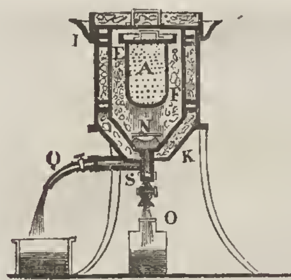
Við tilraun þá, sem vèr gjörðum fyrir stuttu, misti vatnið hèrumbil 16 hitastig, en við olíuna bættust hèrumbil 32 stig. — 32 stiga heitt járn gat ekki hitað vatnið nema 4 stig. — Terpentinolían hitnaði hálfu fljótar en vatnið, þegar hvorttveggja var haft yfir jöfnum hita. — Af þessum og fleirum þvílíkum tilraunum sjáum vèr: að líkamir, sem eru ólíks eðlis, geyma mismikinn hita í sjálfum sèr, þó að hitamælirinn bendi á sama stig hjá þeim. Þess vegna er það, að vèr segjum, að sèrhver líkami hafi sinn eigin hita, eðlishita eða líkams-

hita. En í hverju er þá minni eðlishiti: olíu eða vatni? — Sjálfsagt í olíunni, því hún hitnar tvöfalt við vatnið, þegar hún er höfð við jafn-mikinn hita og það. Eins hefir járnið miklu minni eðlishita en vatnið. Eptir tilraununum vorum þarf vatnið 8 sinnum eins mikinn hita og járnið, til þess að verða eins heitt og það á jafn-laungum tíma. En miklu meiri er þó hitamunurinn, þegar 1 pund af kvikasilfri er blandað saman við 1 pund af vatni, og svo er hrært í blöndunni. Sèst það þá á mælinum, að á meðan að jöfnuður er að komast á hitann, þá hitnar kvikasilfrið um 33 stig, á meðan að vatnið kólnar um 1 stig einúngis. Eðlishiti vatnsins er því eins í samanburði við eðlishita kvikasilfursins, eins og 33 í samanburði við 1. Menn hafa gjört það að reglu, að láta eðlishita vatnsins vera eins og mæli eðlishita líkamanna, og eptir því er eðlishiti terpentínolíunnar $= \frac{1}{2}$, járnsins $= \frac{1}{8}$, kvikasilfursins $= \frac{1}{33}$, eða 0,5; 0,125, o. s. frv.

Margar eru fleiri aðferðir til þess að finna eðlishita líkamanna, en sú, sem vèr höfum nú sýnt, og ætlum vèr að geta um tvær af þeim.

Hin fyrri aðferð er sú, sem ilmælir (*Calorimeter*) *Lavoisiers* (frb. Lavoasiē) er við hafður. Tól þetta er hèr sýnt í 149. myndinni. Í því eru 3 ker, sem standa hvort niðri í öðru.

149. mynd.



Fyrsta kerið *A* er riðið úr látúnsvír, og er það ætlað til þess að láta hinn heita líkama í það. Hin kerin eru bæði úr pjátri. Bilin milli keranna eru öll fyllt með smámuldum klaka, og liggja út úr þeim pípurnar *NO* og *SQ*, svo það er samgánga milli þeirra og loptsins í kríngum tólið. Að ofanverðu er lok yfir öllu saman, og er lokið þakið með klaka. Þegar svona er um búið fer hitinn úr líkamanum í *A* allur út í klakann í bilinu *EF*, og bræðir nokkuð af honum. Klakalagið í ytra bilinu *IK* er einúngis til þess, að loptið að utan geti ekki haft nein áhrif á það, sem er í innra bilinu *EF*. Klakinn, sem loptið þíðir í bilinu *IK*, rennur út um pípuna *SQ*, svo að allt það vatn, sem um hina pípuna kemur, er afleiðíng af hita líkamans í *A*. Þetta vatn er látið renna ofan í kerið *O*, og er hægt að mæla

hvað mikið það er fyrirferðar. En fyrirferð þess er ætíð í rèttum hlutföllum við eðlishita líkamans í *A*. Þegar menn hafa vissan þúnga af ymsum líkömum, og láta þá hvern á eptir öðrum í kerið *A*, þá eru hlutföllin á milli eðlishita líkamanna eins og hlutföllin milli þess vatnsmegnis er, sem í hvert skipti kemur í kerið *O*, það er að segja ef allir líkamirnir hafa verið jafn-margra stiga heitir, þegar þeir voru látnir í *A*.

Þegar líkamir þeir, sem reyna skal, eru mis-þúngir og misheitir, þá má reikna hlutföllin milli eðlishita þeirra, og er reglan fyrir því ekki torveld. Þegar g er þúngi þess klaka, sem viss líkami bræðir, sem hefir þúngann p og hitann t, þá er $\frac{g}{tp}$ þúngi þess klaka, sem líkamirnir bræða, þegar búið er að jafna þýngd þeirra og hita.

Þegar nota skal ilmæli *Lavoisiers*, þá þarf loptshitinn að vera nokkur stig fyrir ofan klakamark, til þess að klakinn sè dálítið rakur þegar tilraunin byrjar. Væri klakinn þur, þa mundi það af honum, sem eptir yrði þegar tilraunin væri búin, gjöra tölu-verða villu, þar sem klakinn væri þur við byrjun hennar, en það af honum vott, sem eptir yrði við lok hennar. — Annars er þess getanda, að ilmælir *Lavoisiers* er í raun og veru hvorki viss nè með öllu áreiðanlegur.

Hin aðferðin er fólgin í því, að menn aðgæta hvað lángan tíma líkamirnir þurfa til að kólna frá vissu hitastigi ofan að öðru vissu hitastigi, og er vant að hafa til þess vel fágað og skínanda silfurker. Er þá líkami sá, sem reyna skal, látinn ofan í kerið, og svo er þar og hafður hitamælir í, til þess að menn geti sèð hitastigið, á hverju augabragði sem er. Ef það er rètt: að eðlishiti tveggja líkama sè í sömu hlutföllum og tímarnir, sem líkamirnir þurfa til þess að kólna á — sem vèr höfum enga ástæðu til að vefengja — þá verðum vèr og að álíta þessa aðferðina ærnum mun betri en hina fyrri.

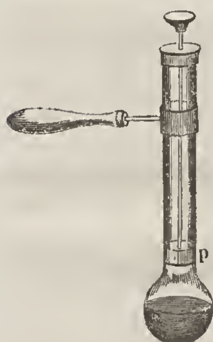
Eptir tilraunum manna í þessu efni er eðlishiti gullsins $\frac{1}{32}$, silfursins $\frac{1}{18}$, eirsins $\frac{1}{10}$, járnsins $\frac{1}{8}$, glersins $\frac{1}{5}$, andrúmsloptsins $\frac{1}{4}$, brennisteinssýrunnar $\frac{1}{3}$, saltpètursýrunnar $\frac{2}{3}$, lín- og terpentínolíunnar $\frac{1}{2}$, vatnsgufunnar $\frac{4}{5}$ af eðlishita vatnsins, sem haft er fyrir mæli, og hefir því eðlishitann 1. Eðlishiti vatnsefnisloptsins er meira en 3, o. s. frv.

9

GUFUVÈLIN.

Samuel Moreland var hinn fyrsti, sem gjörði teljandi tilraunir um þensluafl vatnsgufunnar. Það var ofarlega á 17. öld. Eptir athugunum hans er gufan 2000 sinnum fyrirferðarmeiri en vatnið, sem hún kemur af. Um sama leyti og *Moreland* var hugvitsmaðurinn *Dionysius Papin* uppi, og hann er hinn rètti höfundur gufuvèlarinnar. Hann hafði sívalníng úr steyptu járni, sem var æði hár og nokkurra þumlúnga í þvermæli. Í sívalníngi þessum var bulla, sem fèll nákvæmlega út í hann, svo ekkert lopt gat komizt utan með bulluhöfðinu. 150. myndin er uppdráttur af tóli þessu. Pípan, sem í því er, er hèrumbil 1 þumlúngur á vídd, og er kúla á neðri enda hennar. Í þessari kúlu er dálítið af vatni. Bulluhöfuðið er *p* í myndinni. Vèr skulum nú ímynda oss, að bullan sè neðst niðri í pípunni, og að vatnið sè hitað svo að það sjóði. Ýtir þá gufan bullunni upp, því hún hefir ekkert undanfæri annað, og hvergi er annarstaðar lát á. Bullan skyldi nú vera komin svo lángt upp eptir pípunni, sem hún má fara, og þá skyldi kúlan vera sett niður í kalt vatn. Við það kólnar hún og gufan þèttist, svo nú verður dálítið rúm neðst í pípunni með þynntu lopti í. Þá getur ekki hjá því farið, að bullan, sem andrúmsloptið þrýstir ofan á, fari niður aptur í pípuna. Í hvert skipti, sem kúlan er hituð, færist bullan upp, en niður færist hún í hvert skipti, sem kúlan er kæld.

150. mynd.



Papin gjörði þessa tilraun með sívalníngnum sínum, og þannig var hann þá búinn að mynda hina fyrstu gufuvèl með þrýstíngu andrúmsloptsins; þ. e. gufuvèl, sem andrúmsloptið var raunar aðalatriðið í, en ekki gufan. Ekki að síður er það þó auðsèð, að slíka vèl má hæglega nota til þess að lypta miklum þúnga upp með. En vèr treystum hugviti lesenda vorra til þess, að sjá hvernig slíkri vèl verður bezt fyrir komið, og hvernig hún verður hagkvæmast notuð við ymsan starfa.

Savary var sá, sem fyrstur allra notaði gufuvèlina til lèttis i störfum. Það var árið 1688 (aðrir segja 1698). *Savary* lýsti

gufuvèl sinni í ritinu: *Der Freund des Bergmanns* (ɔ: Málmnema-vinurinn). Árið 1615 hafði maður nokkur, *Salamon de Caus* að nafni, ritað um það, að unnt væri: 1. að lypta vatninu upp með gufumagni, og 2. að á þann hátt mætti fá annaðhvort algjört eða því nær algjört tóm (*vacuum*), með því að þètta gufuna, og tilraunir *Papins* sýndu, að *de Caus* hafði satt að mæla. *Savary* notaði þetta hvorttveggja, og til þess að gjöra oss aðferð hans sem ljósasta, þá er hèr mynd af tóli nokkru, sem oss ríður á að athuga. Í þessari mynd er þá: 1. kerið *a*, sem nokkuð af vatni er haft í, og er með tappa í opinu; 2. tvær pípur, sem báðar eru úr gleri eins og kerið, og báðar liggja í gegnum glerið. Pípan *b* nær ekki lengra niður í kerið en eins og tappinn ræður, en *c* nær nærri því ofan í botn á því. Lögunin á pípunum á að vera eins og sýnt er í myndinni. Þegar tilraunin byrjar, er pípunni *c* fyrst lokað, og vatnið í kerinu hitað yfir vínandalampa, svo það sjóði. Í sama augabragði og vatnið sýður, kemur gufan og leitar upp; fer hún þá út um pípuna *b*, og tekur allt loptið með sèr, sem þar verður fyrir henni. Nú dýfir maður neðri endanum á pípunni *b* ofan í vatn, og tekur vínandalampann undan kerinu *a*. Gufan þèttist þá undireins og vatnið lyptist upp eptir pípunni *b*, og kemst á endanum upp í kerið *a*, því þrýstíngin er svo lítil orðin innan í pípunni. Að lyktum er settur tappi í neðra opið á pípunni *b* og pípunni *c* lokið upp. Lampinn er þá aptur settur undir kerið *a*. Gufan, sem nú myndast í kerinu, kemst hvergi út, svo hún getur ekki annað en þrýst með öllu sínu afli ofan á vatnið í *a*, og við það færist vatnið upp í pípuna *c*, og smá-hækkar allt af í henni, þángað til það rennur loks út um efri enda hennar. Þannig má ausa upp ærnu vatni með því að hita og kæla kerið *a* alltaf á víxl, og fara að öllu eins og nú var sagt.

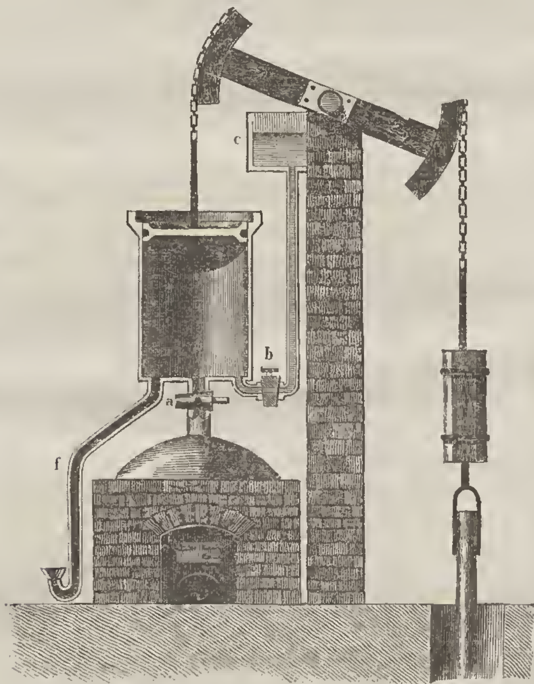
151. mynd.



Af því að tól þetta varð ekki notað til þess að ausa upp með því vatnið úr námunum, þá fór annar Englendíngur, *Newcomen*, að búa til vèl nokkra, sem var raunar lík hinni. Þessi vèl er einmitt undirstöðumynd eða frummynd allra gufuvèla, er síðan hafa verið smíðaðar, og lengi hefir hún sjálf verið notuð að góðu

gagni. Hún er hèr sýnd í 152. myndinni, og eru aðalpartar hennar þeir, sem nú segir: 1. ketillinn, og eru undir honum skrúfugaung, til þess að hann hitni allur sem jafnast; 2. sívalníngurinn með loptheldri bullu í; 3. pípan á milli ketilsins og sívalníngsins; 4. haninn *a* á pípunni milli ketilsins og sívalníngsins; 5. kerið *c*, sem alltaf er vatn í og liggur pípa milli þess og sívalníngsins, með 6. hananum *b* á; 7. jafnvægisásinn eða vogarstaungin mikla, sem á öðrum endanum er festur í bulluna í sívalníngnum, en á öðrum í dælubullu nokkra, og 8. pípan *f*, sem með neðri endann stendur í vatnskeri einu, og sem í er felliblaðka, sem lýkst upp út á við, en leggst aptur

152. mynd.



inn á við. — Vèr treystum því, að lesendum vorum takist nú að gjöra sèr grein fyrir tól þessu, og geti með sjálfum sèr borið marga af þess einstöku pörtum saman við hina einstöku parta í hinum tveim næst á undan umgetnu vèlum, og sèð svona hèrumbil hvaða starfi þeim er ætlaður, hverjum fyrir sig. Vèr ætlum

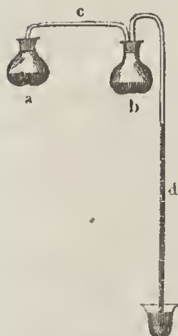
því ekki að lýsa því, hvernig gufan, sem myndast í katlinum, ýtir upp bullunni í sívalníngnum; hvernig köldu vatni er hleypt út úr kerinu *c* og inn í sívalnínginn, með því, að hananum *a* er lokað, en *b* snúið frá; nè hvernig gufan þá verður að þèttast, og mynda þannig hálfgjört tóm í sívalníngnum, svo að þrýstíng andrúmsloptsins knýr bulluna niður aptur. Vèr sleppum öllu þessu. En þá er að skoða jafnvægisásinn, sem í þessari vèl er mjög svo áríðandi. Bullan í sívalníngnum og þúnginn á dælubullunni koma hreifíngunni á hann. — Pípan *f* á 1. að knýja áfram vatnið, sem gufan þrýstir mjög að, þegar bullan fer upp, og 2. hamla því að komast inn í sívalnínginn, þegar andrúmsloptið er orðið yfirsterkara. Þess vegna er felliblaðkan í *f* svo áríðandi.

Það fer eptir stærðinni á sívalníngsbullunni, hvað miklu vatni tól þetta orkar að lypta upp, við það er dælubullan dregst upp. Vilji maður finna það með reikníngi, þá er að taka eptir því, að andrúmsloptið þrýstir með 15 punda afli á ferþumlúnginn. Í sívalníngnum myndast raunar aldrei neitt algjört tóm, svo vèr megum ætíð draga nokkuð frá þeim þúnga, er oss reiknast til. — Nú erum vèr þá búnir að sjá, hvernig vèl þessari er fyrir komið, og hvernig hún er löguð, og að gángur hennar er kominn undir góðri pössun á hönunum *a* og *b*. *Newcomen* smíðaði vèl sína árið 1705.

Síðan *Newcomen* var uppi, er enginn frægari orðinn fyrir gufuvèlina, en *Jakob Watt*. Hann var fæddur 1736 og dó 1819. Hann var svo fátækur, að hann varð að gjöra fyrstu tilraunir sínar með 2 lyfjaglösum. *Watt* hafði ekki numið stærðafræði, nema eitthvað dálítið, en svo var hann frábær hugvitsmaður, að hann ekki einúngis sá fljótt gallana á hinum fyrri gufutólum, heldur og sá hann ráð til þess, að gjöra við þeim. Háskólinn í *Glasgow* sendi honum Newcomensvèl eina til aðgjörðar, og komst hann þá að því, að með slíkri vèl ónýttist mikið af hitanum, er gufan kældist í hvert sinn og kalda vatninu var hleypt inn í sívalnínginn. Hann gjörði þá hverja tilraunina eptir aðra og hugsaði ekki um annað, hvorki nótt nè dag, en það, hvernig þessu yrði kippt í liðinn. Kom honum það á endanum til hugar, að hafa sèrstakt ker einúngis til þess að þètta með gufuna. Það er þèttinn (*Condensator*), sem kallaður er, í gufuvèlunum. Þannig hafði þá *Watt* stigið hið fyrsta stig á því skeiði, sem nafn hans er orðið svo frægt á, að það mun æ síðan uppi verða. Vèr skulum

nú gjöra oss aðferð *Watts* skiljanlega með 153. myndinni. *a* og *b* eru dálitlar glerkúlur, fullar með ljósvaka og með tappa í. *c* og *d* eru glerpípur, og liggur *c* á milli glerkúlnanna, en *d* beygist niður á við ofan í dálítið ílát með kvikasilfri í. Glerkúlurnar *a* og *b* eru settar ofan í heitt vatn, og fer þá ljósvakinn bráðum að sjóða. Gufan fyllir þá upp allar pípurnar og tekur allt loptið burtu úr þeim. Nú er kvikasilfurskerið sett undir neðri endann á pípunni *d*, og heita vatnið tekið frá kúlunum *a* og *b*. Kólna þá kúlurnar smátt og smátt og verða bráðum jafn-kaldar andrúmsloptinu, og gufan missir allt af meira og meira af fjaðurmagni sínu, þángað til það hefir náð vissu stigi, en kvikasilfrið hækkar í pípunni *d* og nær vissri hæð í henni. Tilraunin er nú tekin upp aptur, og farið að öllu eins og hið fyrra sinnið, nema að nú er einúngis kúlan *a* kæld, og það með því, að hún er látin niður í vel kalt vatn. Kvikasilfrið fer ekki að síður eins hátt upp í pípuna *d* eins og áður. Af þessu er það þá bert: að með þessari tilhögun á vèlinni missir gufan eins mikið af þensluafli sínu, eins og tólið hefði allt verið kælt eins mikið og kúlan *a* einúngis var kæld. Þegar vèr vitum það og, að kúlan *a* er hèr þètti, þá munum vèr nú geta skilið í aðalatriðunum af því, sem hèr verður sagt á eptir um gufuvèlina. 154. mynd sýnir gufuvèl þá, sem *Jakob Watt* smíðaði á endanum, eptir það hann var búinn að breyta henni og laga hana opt og mörgum sinnum.

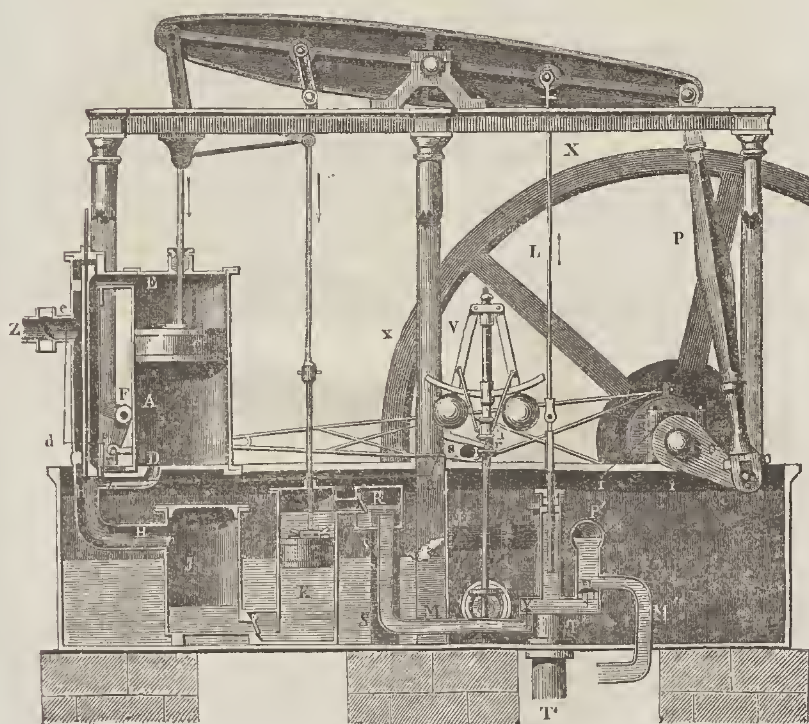
153. mynd.



Ketillinn í vèl þessari (sem ekki sèst í myndinni) er optast nær úr járni, sjaldan úr eiri. Botninn í honum er íhvolfur, og leikur eldurinn í hvylftinni. Á katlinum er jafnan hafður varúðarhani, og er hann nákvæmlega gjörður, eptir því hvað fjaðurmagn gufunnar á eða má verða mikið í vèlinni. Til þess að gufan myndist alltaf jafnótt, þá láta menn öðruhvoru renna heitt vatn í ketilinn úr keri, sem til þess er ætlað, og munum vèr síðar geta um, hvernig að því er farið. En nú er þá að athuga myndina sjálfa, og vita hvað það er, sem hún sýnir. 1. *A* er sívalníngurinn (hann er lokaður ofan og neðan í gufuvèl *Watts*, svo að loptið kemst hvergi inn í hann, og getur það því alls ekkert þrýst

á bulluna *C*, sem í honum er). 2. *Z* er pípa sú, sem gufan úr katlinum rennur eptir inn í vèlina sjálfa, og bæði opin *E* og *D*. *E* liggur inn í efra hluta sívalníngsins, en *D* inn í hinn neðra, og fer gufan á víxl inn um þau, svo að þegar hún hættir að fara um annað þá fer hún um hitt. Þannig er þá gufan alltaf fyrir ofan eða neðan bulluna í sívalníngnum. 3. *J* er þèttinn, og á hann að taka við allri þeirri gufu, sem út fer um opið *D*, eða úr neðra hluta sívalníngsins um pípuna *H*. 4. *K* er dæla, sem bæði dregur vatnið og loptið burt úr þèttanum, og sem einmitt fyrir þá sök er kölluð loptsdæla. 5. *R* er safnker, sem dælan *K* flytur allt vatnið í, en þaðan rennur aptur nokkuð af því burt eptir pípunni *S*, en nokkuð eptir pípunni *M* í: — 6. dæluna *L* með felliblöðkunum *v* og *n*. *v* lýkst upp þegar bullan dregst upp, en *n* þegar hún fer niður. 7. *M'* er pípa, sem leiðir vatnið frá dælunni *L* í ketilinn. — En áður en vèr teljum upp

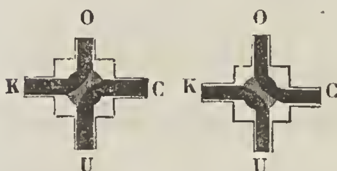
154. mynd.



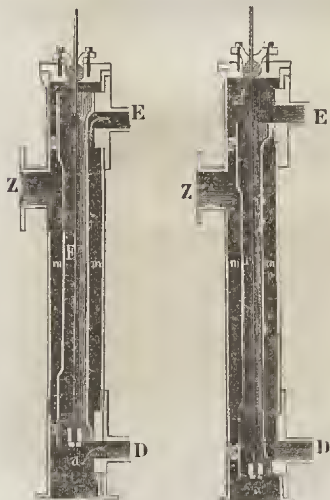
fleiri einstaka parta í gufuvèlinni, skulum vèr nú athuga nokkur atriði önnur.

Af öllum þeim tilbúníngi, sem hafður hefir verið til þess að gufan fari ýmist inn í efra eða neðra hluta sívalníngsins, eru vængjahaninn og rennihaninn helztir. Vængjahaninn, sem annars hefir ekki orðið að notum í stórum gufuvèlum, er eins lagaður og 155. og 156. myndin sýnir. Ef að pípan *K* á vængjahananum liggur niður í ketilinn, *C* inn í þèttann, *O* inn í efra og *U* inn í neðra hluta sívalníngsins, þegar hann snýr eins og hann gjörir í 155. myndinni, þá hlýtur gufan úr katlinum auðsjáanlega að fara inn í efra hluta sívalníngsins, og þrýsta bullunni niður eptir honum, þar sem að gufan úr neðra parti hans rennur nú um pípurnar *U* og *C* inn í þèttann, svo að hún getur ekki gjört neina fyrirstöðu. Þegar bullan er komin svo lángt niður sem hún getur, þá snýst vængjahaninn um einn hríngsfjórðúng, svo hann liggur þá eins og 156. myndin sýnir. Rennur þá gufan úr katlinum inn í neðra hluta sívalníngsins og knýr bulluna upp eptir honum, af því að gufan úr efra partinum fer eptir pípunum *O* og *C* inn í þèttann. — Þá er varúðarhaninn mun betri en vængjahaninn. Í 157. og 158. myndunum er hann sýndur á sína hlið í hvorri og eptir stækkuðum mæli. Pípurnar *Z*, *E* og *D* höfum vèr áður talað um, þegar vèr skýrðum 154. myndina fyrir oss. Þar á móti eigum vèr eptir að athuga safnkerið, sem gufan fer inn í úr pípunni *Z*. Vèr skulum nú fyrst athuga rúmin *m*, *a'* og *a*. Rúmið *m* er með öllu frá skilið hinum tveimur, *a'* og *a*, með rennistokknum *F*. Þar á móti er samgánga frá *a'* til *a*, og það einmitt í gegnum stokkinn *F*.

155. mynd. 156. mynd.



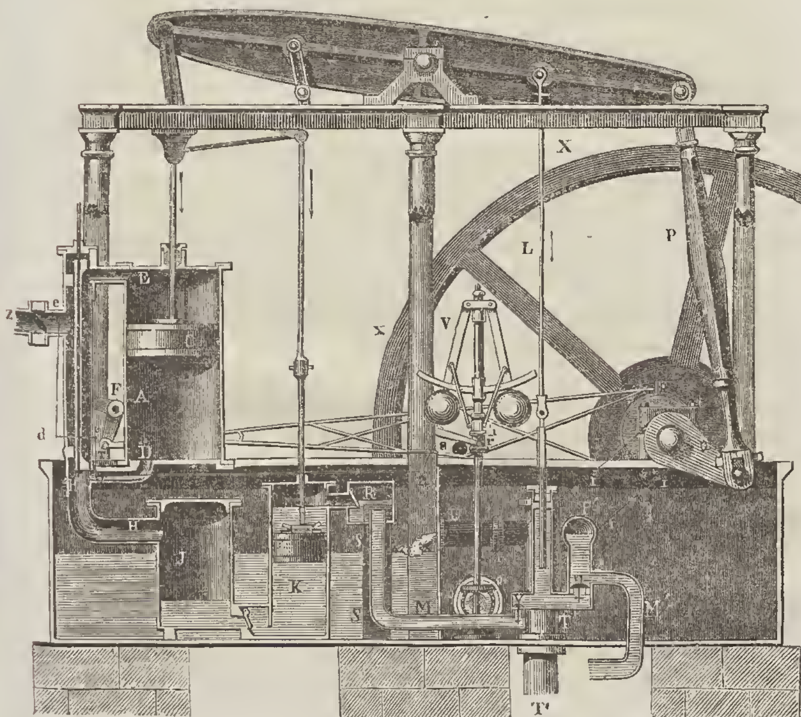
157. mynd. 158. mynd.



þegar að rennistokkshaninn snýr eins og hann gjörir í 157. myndinni, þá streymir gufan úr rúminu *m*, og eptir pípunni *E* inn í efra hluta sívalníngsins. En snúi hann eins og í 158. mynd, þá fer gufan eptir pípunni *D* inn í neðra hluta sívalníngsins. Geti maður nú gjört sèr ljósa hugmynd um, hvernig samgaungunum frá rúmunum *a'* og *a* til þèttans er komið fyrir, þá er þessi hlutinn af gufuvèl *Watts* búinn. — þèttinn stendur niðri í keri með köldu vatni í, en opið, sem vatnið rennur inn um í kerið, er ekki sýnt í myndinni.

Auk þeirra parta, sem eitthvað snerta leið gufunnar, eða för hennar um vèlina, eru og þeir partar, sem stuðla til að koma hreifíngunni á. þannig er það auðsèð, ef maður skoðar nákvæmlega myndina (159.), að skaptið á sívalníngsbullunni, og eins skaptið á bullunni í þèttanum, mega ekki beinlínis gánga upp í armana á jafnvægisásnum, eða vogarstaunginni miklu, því þau

159. mynd.



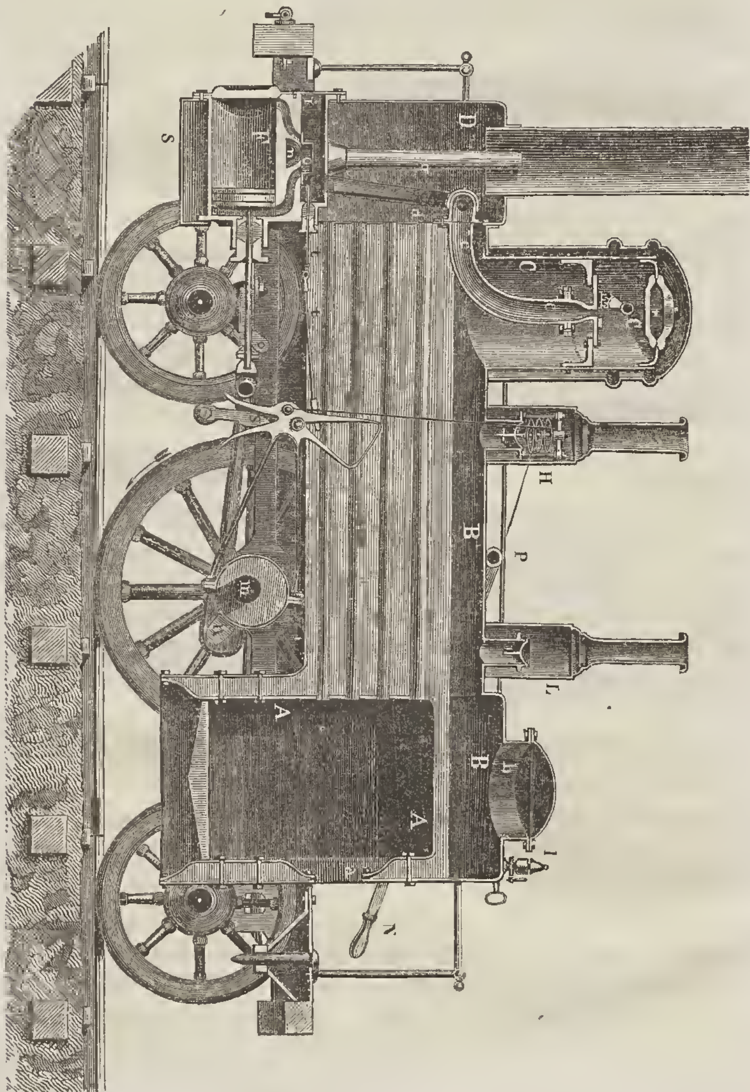
mundu þá gánga nokkuð til og frá út á hliðarnar, og yrði það til þess að ónýta vèlina alla. Þetta sá *Watt*, og bjó því svo um bullusköpt þessi eins og myndin sýnir. Enn er eptir að skoða sveifluhjólið (*Svinghjul*) *X* og gángráð (*Regulator*) vèlarinnar, *V*. Vèr höfum nú áður kynnt oss, hvernig jafnvægisásinn, sem allt af gengur upp og niður, kemst á hreifíngu, en vèr höfum ekki minnzt á hitt, að sveifarstaungin *P* og sveifin *Q* eru á sífeldri hríngferð. Ásinn í sveifinni *Q* er aðalásinn í allri vèlinni. Gángráðinn *V* er þverbein staung, sem alltaf er hreifíng á, og 2 málmstengur, sem alltaf hreifast tálmunarlaust og mynda ýmist þrengri eða víðari samhliða sín á milli. Af þessum samhliða verður gánghraði vèlarinnar bezt ráðinn. — Það sem nú er eptir að skýra frá um vèl þessa álítum vèr of þúngskilið fyrir lesendur vora, og fyrir þá sök sleppum vèr því.

Ef vèr sæjum gufuvèl þá, sem vèr höfum nú verið að virða fyrir oss um hríð, eins og hún er í raun og veru, þá mundum vèr fljótt verða þess áskynja, að þèttinn í henni er mikils til of rúmfrekur til þess, að menn geti notað hana til ferða frá einum stað til annars. En nú hlýtur það að vera, að marga lángi til að eiga gufuvèl, sem væri ærnum mun lèttari í vögum, eða lángi til að geta notað hreifíngarafl gufunnar í litlu rúmi. Þetta hefir orðið til þess, að menn hafa búið til þá gufuvèl, sem enginn þètti er í og ekkert tóm undir sívalníngsbullunni, en gufan er þar látin þrýsta sívalníngsbullunni niður, og er þó þrýstíngarmegn hennar ekki meira en rúmlega eins og þrýstíngarmegn andrúmsloptsins. Jafnvel þó það sè ekki ásetníngur vor að ræða mart um notkun þessarar tegundar gufuvèlarinnar í störfum manna og iðnaði, nè um það, hversu hún er handhæg og lipur til hvers sem vera skal, þá getum vèr þó ekki gengið þegjandi fram hjá tilbúníngi hennar og fyrirkomulagi, og tökum vèr þá brautfarandann (*Lokomotiv*) helzt til skoðunar, því hann er tíðastur af þessum gufuvèlum. 160. mynd sýnir brautfarandann eins og hann lítur út á járnbrautinni.

Aðalatriði brautfarandans eru: 1. Eldstóin *A* (og eru kolin látin inn í hana í gegnum opið *a*); allt í kríngum eldstóna er fullt af vatni. — 2. Margar lárèttar pípur, sem leita loptið úr *A* rennur um inn í *D*, og það í gegnum vatn, sem þar er haft á leiðinni. — 3. Rúmin *B* og *C*, sem ætluð eru til að taka við

gufunni, sem á hverju augabragði er að myndast. — 4. Pípan *c*, sem undir eins skiptist í tvær pípur (í myndinni sèst ekki nema önnur þeirra, *d*), sem leiða gufuna inn í safnkerið *i*, en þaðan fer hún aptur sitt skiptið hvorumegin inn með sívalníngnum. — Sívalníngurinn *F*, sem liggur lárèttur báðumegin á vagninum, og

160. mynd.



sem bullurnar og bulluskö̈ptin í liggja öll eins lárètt (myndin sýnir fremra sívalnínginn og safnker það, sem við hana á). — 6. Varúðarhanarnir *H* og *L*, reykháfurinn upp af rúminu *D* (sem leiðir burtu reykinn og heita loptið) og stór vogarstaung, sem liggur á undirstöðudeplinum *P*, og armurinn á er *N*.

Þetta eru aðalatriði brautfarandans, og látum vèr oss nægja að hafa drepið svo mikið á þau, sem vèr ætlum að nóg sè til þess, að lesendum vorum takist að gjöra sèr nokkra hugmynd um þetta snildarverk íþróttarinnar.

Fyrirkomulagið á gufuskipunum er mjög líkt því, sem það er á gufuvögnunum. Vèlin er optast nær í miðju skipi, og hreifir hún sitt trogspaðahjólið hvorumegin við skipið. Hjól þessi eru mjög lík trogspaðahjólum þeim, sem á eru sumum vatnskvörnum. Árið 1807 smíðaði *Robert Fulton* þegar gufuknör mikinn, sem fór 120 vikur sjáfar á 32 stundum, þegar hann var hlaðinn með 160 tunnum. Gufuknör þessi hèt *Klermont*.

Næst eptir gufuvagna og gufuskip eru gufu-fallbyssurnar teljandi. Þær eru að nokkru leyti svipaðar vindbyssunum, nema að hèr er gufu-umbúníngur í staðinn fyrir vindsumbúnínginn, sem á þeim var. Maður nokkur að nafni *Perkins* var sá fyrsti, sem notaði gufu í staðinn fyrir púður.

Með því að lýsíngar og myndir af gufutólunum verða jafnan mjög ófullkomnar, og fullnægja fáum eða engum, sem aldrei hafa kost á að skoða tólin sjálf, þá hvetjum vèr alla þá af lesendum vorum, sem geta, til að skoða þau og athuga vandlega allt það, sem þar að lýtur.

10.

SPURNÍNGAR TIL AD RIFJA UPP EPTIR.

Hvað töluðum vèr um áhrif hitans á náttúruna, og einkum á manninn? Hverjar eru aðaluppsprettur hitans? Getum vèr nefnt nokkra viðburði, sem auðsjáanlega eiga rót sína í snöggum samdrætti líkamanna? Hvernig verður ymsum slíkum viðburðum afstýrt? Hvernig eru lögmálsatriðin fyrir afli því, sem sólargeislarnir hafa til að vekja með hita? Með hvaða tilraunum greiddum vèr oss veg til að sjá það? Hverra náttúruviðburða gátum vèr, svo sem hinna helztu af þeim, sem koma frá sólinni? Hvaða áríðandi atriði um sólina minntumst vèr á? Hvernig fórum vèr að því, að finna hina þriðju hitauppsprettu? — Á hverjar

eldfimar blandanir minntumst vèr? Hvað sögðum vèr um jarðhitann? Hverjar orsakir nefndum vèr til jarðelda og eldgosa? Hvernig var aðferðin, sem vèr nefndum til að gjöra kulda? Hver voru þau 6 atriði, sem vèr töldum, þá er talað var um brennsluna? Hvernig er lögmálið fyrir hinum helztu áhrifum hitans? Og hvaða tilraunir sýndum vèr um þau? Hvaða líkamir eru það, sem eins er og þessi áhrif komi ekki fram á? — Með hvaða tilraunum komumst vèr eptir þenslu fastra líkama, lagar og loptstegunda? Hvað sögðum vèr um þenslu líkama yfir höfuð? — Hverjar eru þær varúðarreglur, sem hitamælasmiðnum ríður mest á að gæta? Hverjir eru hinir tíðkanlegustu hitamælar? Hvernig er suðu- og klakamörkunum varið? Hvaða not eru mest af hitamælinum? Hvað sögðum vèr um uppgötvun hans? — Hver er tilgángur eldmælisins? Hvernig er eldmælir *Wedgewoods* lagaður? Og hvernig er mælistigunum háttað á honum? Hvernig var aðalgallinn á honum? Hvernig fór *Newton* að mæla mikinn hita? — Hverja líkami kalla menn hitaleiðendur og kulda? Hver er munur á góðum og illum leiðendum? Hvaða tilraun höfðum vèr til þess að sjá, hvernig leiðendur málmarnir eru? Hvernig leiðandi er trè? eða lopt og legir? Hvernig fara menn að aðgreina hitastrauma frá hitaleiðslu? Hvernig er geislakasti hitans varið? Hvað töluðum vèr um eldprófin og eldmennina? Hvernig fórum vèr að finna hinn bundna hita? Hvernig er lögmál það, sem vèr minntumst þar á? Hvað sögðum vèr um meðferð á helfrosnum mönnum? Hvað minntumst vèr á suðu og gufan? Hver eru þau tvö atriði, sem Papínspotturinn fræðir oss um? Hvernig er vætumælirinn? Hvernig komumst vèr að þekkíngu á eðlishita líkamanna? Og hvaða lögmál tókum vèr þá fram? Hvaða dæmi nefndum vèr uppá mikinn og lítinn eðlishita? Hvað hefir *Samuel Moreland* kennt oss? Hvernig er gufutól *Dionysius Papins*? Og með hverju sýndum vèr starfa þess? Hvernig geta menn notað slíkt tól til þess að lypta miklum þúnga með? Hvernig var gufuvèl *Newtons*? Hvaða galla fann *Jakob Watt* á henni? Og hvernig fór hann að ráða bót á þeim? Hvaða áhrif hafði þèttinn á tólið hjá honum? Hvernig er brautfarandinn? Hvernig eru vèlarnar í gufuskipunum?

SJÖUNDA ATRIÐI.

L J Ó S I Ð.

1.

INNGÁNGSORÐ UM LJÓSIÐ.

1. Hvernig getur sólin, stjörnur, lampar, ljós, rafurmögnuð efni, o. s. frv. gjört líkamina bjarta? — það er raunar ekki unnt að svara þessari spurníngu til hlítar, en með getgátum og líkindum, sem örðugt er að vefengja, má þó komast lángt í því efni. Vèr skulum nú segja frá tveimur slíkum getgátum. — Á fyrri öldum var það ætlan lærðra manna, að til væri einskonar lýsandi efni, og það kölluðu þeir ljósefni (*Lysstof*). þeir hèldu, að ljósefnið streymdi út frá öllum líkömum, sem vèr sjáum í kríngum oss, og snèrti loks augu vor. þessi tilgáta er síðan kölluð rennslis- eða straumahugmynd (*Emanations-Theorie*), og eru nú allir náttúrufræðíngar horfnir frá henni, vegna þess að sèrhver ný uppgötvan um ljósið hefir og neydt menn til að fjölga eiginlegleikum þessa ímyndaða efnis. *Newton* er höfundur þessarar rennslishugmyndar. — Eptir öldugángs- eða titríngshugmyndinni (*Undulations* eða *Vibrations-Theorie*), sem nú er í uppáhaldi hjá hinum lærðu, eru partar hins lýsanda líkama á allt einum öldugángi eða titríngi, og koma þannig titríngi á ljóssvakann (*Æther*), sem menn halda að sè mjög smágjör, fjaðurmögnuð og gagnsæ lopttegund, er hvervetna eigi heima í öllum geimnum. þessi titríngur kemur einmitt að nethimnu augans, og ollir þá lífsatviki því, sem kallað er að sjá. Jafnóðum og vèr skýrum frá hverjum einstökum atburði um ljósið, skulum vèr benda á, hversu vel menn geta komið þeim heim við titríngshugmyndina. þannig er t. a. m. um litamuninn, að hann kemur af því, hvað mislángar ljóssöldusveiflurnar eru, allt eins og tónamunurinn kemur af því, hvað loptsveiflurnar standa mislengi yfir. En þess ber að gæta, að það má ekki blanda saman loptöldunum og sveiflum eða titríngi ljóssvakans. Sveiflur ljóssvakans eru bæði að hraða, afli og stefnu frábrugðnar loptöld-

unum. Þeir *Euler* og *Descartes* hafa einkum komið fótunum undir titríngshugmyndina.

2. Lýsandi köllum vèr alla þá líkami, sem hafa þann eiginlegleika, að þeir sí og æ halda jafnri sveifluhreifíngu á ljóssvakanum. Gagnstæðir hinum lýsandi líkömum eru þeir, sem vèr köllum dimma, en svo köllum vèr alla þá líkami, sem ekki hafa þann eiginlegleika, sem vèr minntumst á nú þegar, og sem vèr sjáum því að eins, að þeir kasti frá sèr ljóssöldum einhvers lýsanda líkama. Sólin er helzt allra þeirra lýsandi líkama, sem vèr þekkjum. Auk hennar og allra annara fastra stjarna*) eru og loginn**), ljósberinn, mörg dýra og jurta efni, sem ætla að fara að rotna, dalítið hitað flotspat (*Flusspat*) og demant, vafurlogar, mýraeldur, stiörnuhröp, yms smákvikindi og hin rafurmögnuðu ljós, allt saman lýsandi líkamir. Þar á móti eru menn ekki enn búnir að gánga úr skugga um, hvort augu nokkurra dýra eigi heima í tölu þessara líkama eða ekki; t. a. m. kattaaugu og tígra (það hafa menn fyrir satt, að tígra-augun lýsi á 30 skrefa laungum vegi). Engin undur eru það, þó að maurildið t. a. m. lýsi ekki nema í myrkri, því ljós þess er svo afllítið að dagsbirtan ber það ofurliða með öllu. Sama er og orsökin til þess, að menn sjá ekki stjörnurnar á daginn. — Þegar sá líkami, sem í raun og veru er dimmur, tekur við ljósi annarstaðar að, þá verður hann eins og hann væri lýsandi með það, að hann kastar birtu á aðra líkami, eða lýsir. Túnglið er hin bezta röksemd fyrir þessu. Ef vèr búum nú á einhvern hátt svo um, að ljósið geti ekki skinið á hinn dimma líkama, þá er annaðhvort, að hann missir snögglega alla birtu, eða þá smátt og smátt. Þesskonar líkami köllum vèr ljósdrekkendur eða ljós-segula (*Lysmagneter*), af því að það er eins og að þeir dragi eða drekki í sig birtuna eða ljósið, og geymi það í sèr um lengri eða skemmri tíma. Meðal slíkra líkama eru margir demantar, brennisteinskalk, gagnhitaðar pöddu-skeljar, o. s. frv.

*) *Herschel* segir, að sumar fastar stjörnur (sólir) hafi græna, sumar bláa, og sumar enn öðruvísi lita birtu.

**) Bjartastur er loginn, þegar einhver glóandi líkami er innan í honum. Enginn logi er eins bjartur eins og af kalki, sem látið er í súrefnis- og vatnsefnislopt, og þess vegna eru slík ljós nú opt við höfð í vitum, markeldum, o. s. frv. Það kalla menn Drummonds-ljós.

3. Opt er það, að hiti er ljósinu (birtunni) samfara. — þannig er t. a. m. um kertaljós og kolu, glóandi líkami, sólina o. s. frv. Aptur er það stundum, að enginn hiti er ljósinu samfara, t. a. m. eins og er um maurildi, hræfareld, o. s. frv. — Eptir öllum líkindum hitar sólin einúngis loptið og þá líkami á jörðinni, sem geislar hennar verða aflmestir á. En hvernig sem því er nú varið, verða menn þó jafnan að gæta þess, að gjöra mun á hita og ljósi. En það sýna þeir líkamir, sem eldur kviknar í við núníng, að ljósið er opt og tíðum ávöxtur hitans. það er og eptirtektavert, að aðkastsgeisli ljóssins er optast nær miklu heitari, en apturkastsgeisli þess.

4. Ljósið, einkum sólarljósið, hefir mikla þýðíngu fyrir lífið allt. — þetta sèst undir eins af því, hvað fjarskalegur munur er á vexti og þrifum flestra jurta, eptir því hvort þær eru í myrkri eða birtu. Sú jurt, sem vex í myrkri, er optast nær bragðlaus og dauf, þar sem hin, sem nýtur sólárljóssins, er svo blómleg og litfögur. Öldúngis eins er og þessu varið með menn og dýr, eins og með grösin.

2.
ÚTBREIDSLA LJÓSSINS.

Ljósið fer ætíð eptir þráðbeinni stefnu. — það þarf ekki annað, en bera dimman líkama fyrir auga sèr, til þess að sjá þetta. Líkaminn skyggir á það eitt, sem er beint fram undan auganu. Sama kemur og fram, ef menn hengja vel þètta voð fyrir heilan glugga, til að mynda, og stínga svo, þó ekki sè nema nálargat, á hana, að ljósið fer beint í gegnum það. þetta er annars svo bert atriði, að vèr efumst ekki um að það sè öllum lesendum vorum ljóst, og ætlum því að víkja máli voru að nokkrum þeim atvikum öðrum, sem hèr eiga við og þörf er á að kynna sèr.

1. Ljósgeislarnir breiðast á alla vegu út frá sèrhverjum depli hins lýsanda líkama, og halda áfram þángað til að þeir rekast á eitthvert það rúm, sem annað efni er í, en þeir fóru fyrst um. það er því eðlilegt, að þegar vèr látum ljósgeislana safnast á einhvern flöt, þá tölum vèr um geislakúlu, geislakeilu eða geislastrítu.

2. Ef skygðum fleti á ógagnsæjum líkama er haldið fyrir ljósgeisla, þá hverfur geislinn aptur frá fletinum með slíkri stefnu,

sem meira eða minna munar frá hinni fyrri, sem hann hafði á leiðinni að fletinum. það köllum vèr apturkast eða frákast geislans. Skuggsjárfræðin (*Catoptrica*), eða fræði sú, sem skýrir frá apturkasti ljósgeislanna frá skygðum fleti, sýnir oss, eptir hvaða lögmáli geislarnir í hvert skipti kastast burtu frá fletinum.

3. Svipuð breytíng verður og á ljósgeislanum, þegar hann fer í gegnum gagnsæjan líkama, sem hann kemur ekki þverbeint að. Allar slíkar breytingar köllum vèr geislabrot. Geislabrotsfræðin (*Dioptrica*) skýrir frá lögmálsatriðum þeim, sem þar koma fram.

4. Fari ljósgeisli yfir rönd eða jaðar á ógagnsæjum líkama, þá fer hann dálítið út af beinni leið og inn á við móti skugganum. það köllum vèr geislabeygíng, en því er miður, að það er enn ekki vel ljóst eptir hvaða lögmáli hún fer.

5. Komi ljósgeislinn niður á óskygðan flöt á ógagnsæjum líkama, þá breiðir hann sig út um allan flötinn, eða gjörir hann bjartan (lýsir hann). þetta atriði er í raun og veru engu minna varðanda, en hvert hinna áður töldu. — Að lyktum getum vèr þess hèr, að það hlýtur að vera dimmt á bak við þann líkama, sem ekki er gagnsær, af því að ljósið fer eptir beinni línu. En þessa vöntun birtunnar köllum vèr skugga, og segjum að líkaminn, sem á milli ber, skyggi á ljósið.

3.
HRADI LJÓSSINS.

Hraði ljóssins er svo mikill, að skjótleiki fallbyssukúlunnar er eins og ekkert í samanburði við hann. Jörðin fer 3½ hnattmílu á sekúndu hverri á rás sinni í kríngum sólina, og þó fer ljósið 10,000 sinnum hraðara en jörðin.

Aristoteles var einhver sá fyrsti, sem menn vita til að nokkuð hafi hugsað um hvað ljósshraðinn væri mikill. Hèrumbil 2000 árum eptir dauða hans fór *Galilei* að reyna að athuga hraða ljóssins. Til þessa hafði hann tvo menn, og lèt vera eina mílu vegar á milli þeirra. *Galilei* lèt menn þessa halda á mjög eldfimum likömum, og skipaði öðrum þeirra að kveikja í þeim, sem hann hafði, á vissum tíma, en hinum í sama augabragði og hann sæi eldinn hjá þeim, sem fyr kveikti. Sjálfur stóð *Galilei* á þeim stað, sem hann gat sèð báða eldana frá. Honum þótti það mjög

undarlegt, að tilraunin varð ekki eins fróðleg, og hann hafði ætlað, en það var þó í raun og veru eðlilegt. — *Keppler* sagði, að hraði ljóssins væri meiri en það, að mannleg skynsemi gæti mælt hann. — Það var fyrst árið 1675, sem hinn danski náttúrufræðíngur *Ole Römer* kom mönnum á betri veg í þessu atriði, og það gjörði hann með athugunum sínum um túngl Júpíters.

Túngl Júpíters eru 4. Það túnglið, sem næst honum er, myrkvast einusinni á hverri ferð, sem það fer í kríngum hann. Eptir hverjar 42 stundir og 28 mínútur hverfur það inn í skuggann. Væri jörðin allt af jafn-lángt frá Júpíter, eða ef hraði ljóssins væri óendanlega mikill, þá yrði tíminn á milli hvorutveggja myrkvanna á túngli þessu að vera öldúngis jafn-lángur. En það er öðru nær. Nákvæmar athuganir stjörnuspekínganna sýna, að þegar vegurinn milli jarðarinnar og Júpíters er orðinn 600,000 mílum meiri, þá byrjar myrkvinn 15 sekúndum seinna. Eptir þessu fer þá ljósið 600,000 mílur á 15 sekúndum, eða 40,000 mílur á einni sekúndu. Þegar menn vita nú ljósshraðann og fjarlægðir hnattanna innbyrðis, þá kemur það fram, að sólarljósið er 8 mínútur og 13 sekúndur á leiðinni til vor, ljósið frá hinni fjarlægustu jarðstjörnu 2 stundir og 40 mínútur, og ljósið frá hinni næstu föstu stjörnu (sól) í 6 ár. Þessar og aðrar þvílíkar athuganir hljóta að vekja undran vora á slærð himingeimsins, þar sem öll líkindi eru til þess, að mikill fjöldi hnatta sè mörgum þúsundsinnum fjær oss, en sú fasta stjarna, sem næst oss er. Það liggur því við sjálft, að rúm og tími verði hèr svo mikilfenglegt, að mannlega skynsemi hrylli við þeim, og hún geti varla eygt eða hugsað sèr takmörk þeirra.

4.

AFL LJÓSSINS.

Setji maður tvö ljós, sem bæði loga eins, á borð í herbergi nokkru, sem ekkert annað ljós eða birta er í, og haldi svo einhverjum grönnum líkama fyrir ljósunum, t. a. m. snældufhala eða blýjanti, þá sjáum vèr, að hinir hálflýstu skuggar á veggnum eru báðir eins, eða að bæði ljósin eru jafnaflmikil. Beri maður glerflögu eða einhvern annan gagnsæjan líkama fyrir ljósið, þá sjáum vèr að það deyfist við það, eða dregur úr því. Af þessu hvorutveggja verður það lögmálsatriði bert: að því gagnsærri, sem sá líkami er, sem ljósið fer í

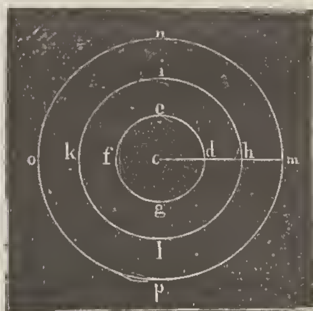
gegnum, því aflmeira (bjartara) verður ljósið, en því aflminna (daufara), sem líkaminn er ógagnsærri.

Himingeimurinn er það eina rúm, sem vèr megum ætla að sè fullt með gagnsætt efni; andrúmsloptið er miklu ógagnsærra, jafnvel þó menn kalli það algjörlega gagnsætt. Þegar sólin er rètt niður við sjóndeildarhríng, þá er ljós hennar miklu daufara, heldur en á meðan hún er hærra á lopti. Þetta er af því, að lopt það, sem næst er jörðinni, er svo fullt með sudda og vatnsvætu. Öldúngis eins stendur að sínu leyti á því, hvað ljósbirtan er dauf og magnlítil í herbergi, sem fullt er af reyk. Af þessu kemur það og, að stjörnurnar sýnast miklu skærari og glampameiri uppi á háum fjöllum, en niðri á láglendi.

Hafi maður eitt ljós í stóru herbergi, þá er það fljótsèð, að birtan er mest og fegurst rètt í kríngum ljósið, en því aflminni eða daufari, sem fjær dregur. Þetta sýnir oss þá, að afl ljóssins mínkar því meira, sem það er búið að fara lengri veg. Til þess að skýra þetta fyrir sèr þarf ekki annað, en ímynda sèr ljósdepil nokkurn, sem svífi öldúngis tálmunarlaus í loptgeimnum, og athuga svo hvernig geislar hans hlytu að fara út frá honum á alla vegu.

Ljósdepillinn skyldi vera *c* í 161. mynd; *defg* skyldi vera hin fyrsta, *hikl* hin önnur og *mnop* hin þriðja ljóskúla. Ef að geislarnir *cd*, *ch* og *cm* væri eins í samanburði hver við annan, eins og 1, 2 og 3, þá vitum vèr það af stærðafræðinni, að flötur hinnar annarar ljóskúlu er þrefalt stærri, og hinnar þriðju nífalt stærri, en flötur hinnar fyrstu eða innstu kúlu. En það er nú sama ljósmegnið, sem kemur á fleti allra kúlnanna. Sá sem þetta veit, efast alls ekki um gildi lögmáls þess, sem er eitthvert hið helzta þá er mæla skal afl ljóssins. En það er þetta: þegar ljósið breiðist út til allra hliða frá einum depli, þá mínkar afl þess í sömu hlutföllum og fertölur fjarlægðanna vaxa.

161. mynd.



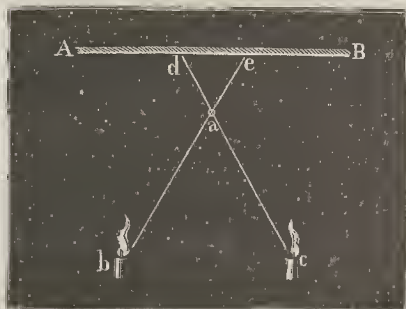
Afl sólarljóssins er viðlíka mikið og afl 5 eða 6000 kerta-

ljósa á eins fets vegi. Vèr getum ekki sèð neinn vöxt eða mínkun á sólarljósinu á yfirborði jarðarinnar, svo að lögmál það, sem vèr minntumst nú á, á sèr þá einúngis stað um sólarljósið, þegar vèr tölum um skin þess á ymsar aðrar jarðstjörnur eða hnetti í sólkerfi voru.

Ef sólarljósið kemur þverbeint niður á hvíta fjöl eða brèf, þá sjáum vèr engan mun á birtunni á fjölinni við það, hvort heldur vèr horfum að hlið til á hana, eða beint framan á flöt hennar. En ef sólarljósið kemur aptur á móti skáhallt á þenna flöt, þá fer allt öðruvísi um tilraun vora. Sá sem vandlega athugar birtuna á fjölinni í hvert sinn, sem stöðu hennar við sólinni er breytt, hann kemst að því lögmáli: að því hvassara, sem aðkastshorn ljósgeislans er, því daufari verður birtan á fletinum, af því að þá fer þeim mun meira af geislanum fram hjá honum.

En vèr ætlum ekki að svo komnu að telja fleiri af þeim atvikum, sem birtan (ljóssaflið) er undir komin. Þar á móti skulum vèr reyna að gjöra oss nokkra grein fyrir birtumælinum (*Photometer*), sem kallaður er. Augað er mjög svo ónógt til þess að dæma um ljósaflið (birtuna), og endurminníngin gleymir því skjótt. Það kveður svo ramt að um þetta, að þegar vèr sjáum tvo líkami, hvorn við hliðina á öðrum, þá getum vèr opt ekki sagt hvor þeirra sè bjartari. Af því að svona stendur á, er birtumælirinn mjög nauðsynlegur. Birtumælir *Rumfords* þykir vera hinn handhægasti og bezti. AB (í 162. mynd) skyldi vera hvítur veggur; a mjór uppstandari eða broddur, t. a. m. nagli eða prjónn. Í deplunum b og c, sem báðir eru jafnlángt frá a, og jafnlángt frá veggnum AB, skyldi vera sitt ljós í hvorum. Reynist það þá: 1. að bæði ljósin kasta raunar birtunni á vegginn AB, en að birtan í e er þó einúngis frá ljósinu í c og birtan í d frá ljósinu í b; — 2. að broddurinn í a

162. mynd.



myndar tvo skugga, annan við *d* og annan við *e*; — 3. að birtan á deplunum *d* og *e* hlýtur að vera jafnmikil þegar bæði ljósin loga jafn-vel, en annars mis-mikil, ef ljósöflin eru mis-mikil. Ef *b* er bjartara ljósið, þá þarf ekki annað, til þess að skuggarnir verði jafn-sterkir, en annaðhvort að færa ljósið *c* nær veggnum *AB*, eða flytja *b* lengra burtu frá honum. Fjarlægðamunur sá, sem hèr verður að vera milli ljósanna og veggjarins, sýnir oss hvað mikill munur er á ljóssafli (birtumegni) beggja ljósanna. Vèr skulum skýra þetta enn betur fyrir oss með dæmi: *c* skyldi vera kertaljós, en *b* lampaljós, og það töluvert bjartara en hitt. Bæði skyldu standa jafn-lángt frá veggnum, eða 10 fet. Ef vèr yrðum nú að færa kertaljósið 4 fetum nær veggnum, til þess að skuggarnir yrði jafn-sterkir, þá eru hlutföllin milli afls eða birtumegnis beggja ljósanna eins og fertölurnar af 10 og 4, eða eins og hlutföllin milli 100 og 16. Það er með öðrum orðum, að lampaljósið*) er 6¼ sinnum aflmeira (bjartara) en kertaljósið.

5.

FRÁKAST EDA APTURKAST LJÓSSINS.

Ef vèr lútum niður að fagurskygðum borðfleti, þá sjáum vèr sjálfa oss í honum; eins sjáum vèr og hús og hæðir, fjöll og jökla, himinblámann og skýin í kyrru vatni og bárulausum sjó. Það er og kunnugt, að menn sjá bæði sig og annað í skuggsjám, en sá er munurinn, að myndin verður miklu glöggari og hreinni í skuggsjánni, en í vatninu. Áður en vèr tölum fleira um þetta skulum vèr nú setja á oss nokkur atriði:

1. Sèrhver sá líkami, sem menn sjá þá líkami í, eða á bak við,, sem ekki eru í honum nè á bak við hann, er kallaður skuggsjá (*Speil*).

2. Menn gjöra mun á sjálfgjörðum skuggsjám og smíðuðum. Smíðaðar eru þær, sem menn hafa í herbergjum sínum til hversdags notkunar, og eru þær optast úr gleri, en þó stundum úr málmi. Sjálfgjörðar skuggsjár eru þær, sem mennirnir hafa engan þátt átt í að búa til.

3. Flötur skuggsjárinnar er stundum flatur, og þá er skuggsjáin kölluð flöt (*plan*), en stundum er hann íhvolfur eða ávalur,

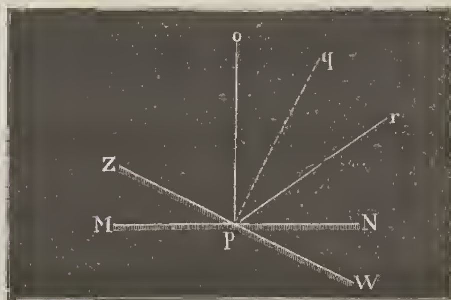
---

*) Með lampaljósi er hèr efalaust skilið ljós á olíulampa, með glerkúlu á . Þýð.

og er þá skuggsjáin ýmist kölluð ávöl, keilumynduð eða sívöl, o. s. frv.

Ef menn hengja flata glerskuggsjá upp í herbergi nokkru andspænis glugga, og glugginn er síðan byrgður, nema dálítið op beint á móti skuggsjánni, þá sèr maður, að ljósgeisli sá, sem inn um gatið kemur, fellur á skuggsjána og kastast burtu aptur sömu leið og hann kom, af því hann bar þverbeint á skuggsjárflötinn. Sè nú skuggsjánni hallað, svo að geislinn komi skáhallt á flöt hennar, þá verða geislarnir tveir, því þá kastast ljósgeislinn annan veg burtu frá henni, en hann kom að henni. Vèr skulum skýra þetta betur fyrir oss með 163. myndinni. *NM* og *ZW* eru skuggsjárnar, en *op* er ljósgeislinn inn um gluggann. Þegar skuggsjáin liggur eins við geislanum og *NM* sýnir, þá er aðkasts- og apturkastsvegur hans öldúngis eins, eða sá sami, því hornið *Mpo* er þá = hornið *Npo* = rètt horn. Snúi skuggsjáin þar á móti eins og *ZW* sýnir, þá fer geislinn *op* burtu eptir strikinu *pr*. Aðkastshornið *opq* er hèr og jafnt apturkastshorninu *rpq*. Hèr er það athuganda:

163. mynd.



1. Að á meðan ljósgeislinn er á leiðinni til skuggsjárinnar, þá köllum vèr hann aðkastsgeisla, en þegar hann fer burtu aptur frá skuggsjárfletinum, þá er hann kallaður apturkastsgeisli.

2. Sú lína, sem felld væri þverbeint á skuggsjárflötinn í depli þeim, sem aðkastsgeislinn snertir hann í, heitir aðkastslóð. (Hvar er nú aðkastsgeislinn, apturkastsgeislinn og aðkastslóðið, þegar skuggsjáin snýr eins við opinu *o* á glugganum eins og *MN* í myndinni sýnir?).

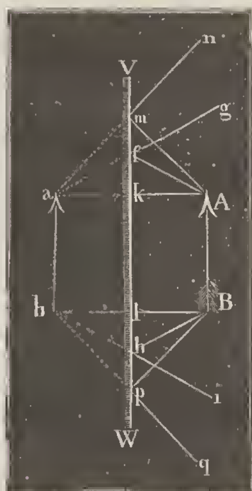
3. Hornin, sem aðkasts- og apturkastsgeislarnir mynda við skuggsjárflötinn, heita aðkasts- og apturkastshorn, eins og vèr höfum áður á vikið. Armar aðkastshornsins eru aðkastsgeislinn og aðkastslóðið, en armar apturkastshornsins eru apturkastsgeislinn og lóðið.

4. Bæði þessi horn eru í sama fleti og ætíð jafn-stór, og er það mjög mikils varðanda um þau. Apturkast ljosgeislanna frá skuggsjánum er því bundið lögmáli því, sem hèr segir: Aðkasts- og apturkastshornin eru í sama fleti og ætíð jafn-stór, þó stærðarmunur sè á skuggsjánum.

6.
HIN FLATA SKUGGSJÁ.

Við tilraunir þær sem nú skal gjöra eru hafðar tvær flatar skuggsjár. Fyrst er önnur skuggsjáin sett þverbeint upp á endann, og einhverjum litlum líkama, t. a. m. fjöður, haldið fyrir fleti hennar: 1. þverbeint, 2. með 45 stiga halla, og 3. lárètt. Þegar svona er farið að, sèst myndin í skuggsjánni: 1. þverbein, 2. með 45 stiga halla, og 3. lárètt, öldúngis eins og líkamanum var haldið fyrir henni. — Hèr að auki er og myndin í skuggsjánni öldúngis eins í hátt og líkaminn sjálfur er, og sýnist vera eins lángt fyrir aptan eða bak við hana, eins og hann er lángt fyrir framan hana, eða fram undan fleti hennar. — Sá eini munur, sem hèr kemur fram og sem ekki má gleyma, er sá: að hin hægri hlið líkamans sýnist í skuggsjánni vera vinstra megin, og hin vinstri aptur hægramegin.

164. mynd.

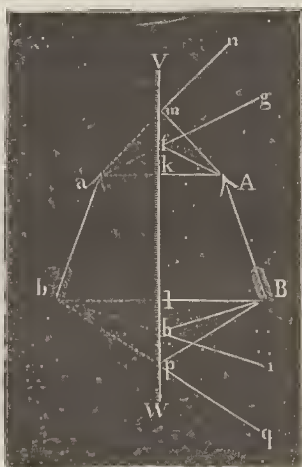


VW skyldi vera flöt skuggsjá, eins og hún mundi líta út ef það sæi í sárið eða jaðarinn á henni. *A B* skyldi vera bjartur eða þá lýstur líkami (ljós, fjöður, eða eitthvað þesskonar), og sendir hann ljósgeisla sína út frá sèr á alla vegu. Ef að geislarnir *Af* og *Am* eru tveir af þeim geislum, sem lenda á skuggsjárfletinum, þá verður *Af* að kastast burtu aptur frá honum eptir línunni *fg*, en *Am* eptir *mn*. Ef það væri ekki, þá fèlli aðallögmál skuggsjárfræðinnar að fullu og öllu um koll. Geislinn *Ak*, sem kemur frá sama depli líkamans og *Af* og *Am*, fer sama veg til og frá, því hann kemur þverbeint á skuggsjárflötinn. Þegar apturkastsgeislarnir *Af*, *Am* og

kA eru nóg lengdir aptur á bak, þá koma þeir á endanum allir saman í deplinum *a*. Af þessu kemur það, að þeim, sem fyrir skuggsjánni stendur, virðast þessir geislar allir byrja í deplinum *a* á bak við hana. Augað sèr depilinn *A* í deplinum *a*; þ. e. *a* er myndin af *A*, og eins og *a* er í samanburði við *A*, eins er og *b* í samanburði við *B*. Til þess að sjá að þetta er satt, þarf ekki annað, en að athuga aðkastsgeislana *Bl*, *Bh* og *Bp*, og apturkastsgeisla þeirra *lB*, *hi* og *pq*, og mun þá ekki þurfa hèr fleiri röksemda við. Með þessum hætti erum vèr búnir að sjá, hvar endar líkamans *AB* verða að koma fram í skuggsjármyndinni, en vèr vitum þó hvar hver depill á milli *A* og *B* á að vera, og því sýnist þá enn nokkur athugan vera eptir. Vèr segjum af ásettu ráði, að það sýnist, því hèr er raunar ekkert annað að gjöra, en fara eins að með hvern þeirra, og farið var að með deplana *A* og *B*, því þessir deplar verða allir á milli *a* og *b* í skuggsjármyndinni, eins og þeir eru milli *A* og *B* á sjálfum líkamanum. Ef maður vill vera fljótur að finna þann stað í skuggsjánni, sem einhver viss depill myndi sig á, þá er ekki annað en fella frá deplinum þverbeina línu á skuggsjárflötinn, og draga hana svo lángt í gegnum hann, að partar hennar sè báðumegin jafnlángir við skuggsjána. Sá staður, sem endi línunnar á bak við skuggsjána lendir á, er þá myndunarstaður depilsins, sem að var leitað. Aðalástæðan fyrir þessu er jöfnuður aðkasts- og apturkastshornanna, eins og fyr var á minnzt. Sá sem nokkurnveginn er kunnugur skityrðinu fyrir samsvaran (*Congruens*) þríhyrnínga, honum getur ekki annað en skilizt það, hvað þessi aðferð er viss og þægileg, til þess að geta fundið hvar og hvernig hver depill líkamans myndar sig í skuggsjánni.

Híngað til höfum vèr einúngis gjört ráð fyrir, að bæði líkaminn og skuggsjáin stæði þverbeint á endann. En margar eru þær breytíngar, sem orðið geta bæði á fyrirkomulagi líkamans og skuggsjárinnar, og sem ekki eru síður athugaverðar. Þessu til skýríngar setjum vèr hèr 165. myndina.

165. mynd.



VW er þverbein gagnskorðarmynd skuggsjárinnar, en *AB* er hinn bjarti líkami, og hallast hann 60 stig móti skuggsjárfletinum. Nú þegar að er gætt apturkasti aðkastsgeislanna *Af*, *Am*, *Ak* og *Bh*, *Bp*, *Bl*, þá sèst það, að myndin verður að hallast eins í skuggsjánni, eins og líkaminn hallast fyrir henni.

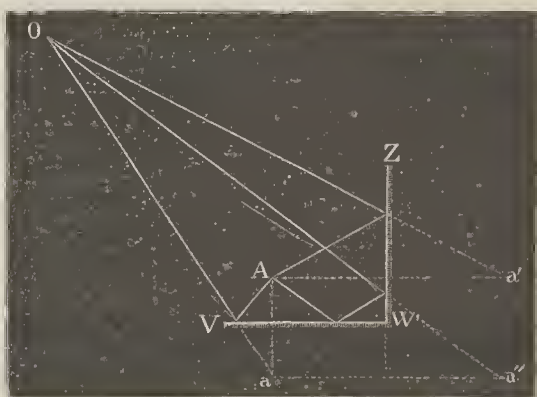
Vèr breytum nú stöðu skuggsjárinnar og látum hana fyrst hallast og síðan liggja, og höldum líkamanum í hvert skipti á hina fyr nefndu 3 vegu fyrir henni. Þegar skuggsjáin hallast, þá verður myndin: 1. lárètt, 2. höll og 3. þverbein (upprètt), og þegar hún liggur, þá verður myndin: 1. þverbein (upprètt), 2. höll og 3. lárètt. — Það er eitthvað skrýtið í því, þegar skuggsjáin er látin hallast að borði, sem kúla eða eitthvað slíkt er látið velta um á meðan. Það er eins og kúlan velti þá stundum upp eptir þverbeina fletinum í skuggsjánni.

Vèr skulum enn bæta hèr við nokkrum tilraunum. Fyrst látum vèr tvær flatar skuggsjár mynda stærra eða minna horn sín á milli, og höfum einhvern bjartan líkama, t. a. m. ljós á milli þeirra. Kemur það þá fram, að líkaminn margfaldast eins mörgum sinnum í skuggsjánum — að einu sinni frá dregnu — eins og samtala stiganna er í horni því, sem milli þeirra er, er mörgum sinnum fólgin í 360 stigum (*Grader*). Sè hornið 120 stig, þá tvöfaldast líkaminn; ef það er 90 stig, þá þrefaldast hann; ef það er 72 stig, þá ferfaldast hann; ef það er 60 stig, þá fimmfaldast hann, o. s. frv. En ef skuggsjárnar eru samhliða hvor annari, þá verður ljósaröðin endalaus.

Til þess að skýra þetta enn betur fyrir oss, tökum vèr tvær

flatar skuggsjár og setjum þær eins saman og gagnskurðarmyndin (166.) sýnir. Skuggsjárnar eru *VW* og *WZ*, en *A* er bjarti

166. mynd.



líkaminn, sem á að mynda sig í þeim. Hornið milli skuggsjánna skyldi vera rètt horn eða 90 stig. Og nú sèst myndin af *A* fyrst í *a'* og *a*, og vitum vèr hvernig þær myndir eru til orðnar af því, sem áður hefir verið sagt og sýnt. En nú myndar *A* sig einnig í *a''*, og skulum vèr reyna til þess að finna hvernig það verður. Skuggsjáin *WZ* kastar frá sèr geislum þeim, sem virðast streyma út frá *a*, o. s. frv., og þá er ekki annað en að ákveða legu depilsins *a''* eptir aðallögmáli skuggsjárfræðinnar. — Í raun og veru er aðferðin allt af hin sama, til þess að finna líkamsmyndina í skuggsjánum, hvort sem hornið milli þeirra er 72, 60 eða 45 stig, o. s. frv. Eins má og finna það og sanna eptir fyr nefndu lögmáli, að myndaröðin hljóti að verða endalaus í skuggsjánum, þegar þær eru samhliða hver annari. Orsökin til þess, að hver næsta mynd á bak við er daufari, en hin næsta á undan, er fólgin í apturkasti ljóssins. — Að endíngu biðjum vèr og hvetjum lesendurna til þess, að taka upp aptur tilraunir þær, sem nú hafa verið taldar, því bæði eru þær auðveldar og undir eins skemtilegar og fræðandi.

7.

NOKKUR HIN HELZTU AF TÓLUM ÞEIM, SEM MYNDAST FRÁ FLÖTU SKUGGSJÁNNI.

a. FAGURMYNDA-SJÁIN (*KALEIDOSKOP*).

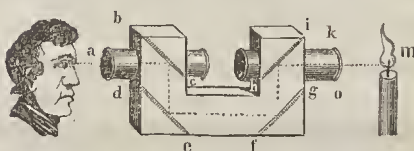
Sá sem vel er búinn að kynna sèr allar þær myndanir og myndabreytíngar, sem orðið geta í tveimur flötum skuggsjám, er annaðhvort mynda horn sín á milli, eða standa samhliða hvor annari, hann mun brátt renna grun í, þegar hann lítur í fagurmyndasjána, að þar hljóti að vera í fólginn nokkur viðlíkur umbúníngur. Fagurmynda-sjáin er og þannig til búin, að menn taka tvær flatar skuggsjár og festa þær saman á röndunum, með því að líma á þær brèfræmu eða eitthvað þesskonar. Síðan eru þær látnar mynda horn sín á milli, og svo er þeim komið fyrir innan í pípu nokkurri, svo tól þetta verður áþekkt sjónpípu. Í öðrum enda pípunnar eru glerflögur tvær, með ymsu smávegis á milli, t. a. m. ýmislega litum glerbrotum, perlum og steinum. Þegar pípunni er velt á milli handa sèr, þá breyta líkamir þessir stöðu sinni, og gjöra hinar fásènustu og fjölbreyttustu myndir, sem ætíð eru reglulegar. — Höfundur tóls þessa var *Brewster* nokkur í Edínaborg, og liggur þar að auki margt annað eptir hann í ljósfræðinni. Fagurmynda-sjáin hefir opt komið þeim í góðar þarfir, sem þurfa ymsra mynda við, t. a. m. eins og vefarar, útsaumendur, o. s. frv. — Fagurmynda-sjáin er vön að vera 8 eða 10 þumlúnga laung og 20 eða 24 lína í þvermæli. Á seinni tímum hafa menn tekið upp á því, að hafa dálítinn fót undir henni, svo það megi stöðva hana, hvernig sem hún liggur, til þess að menn geti fært sèr myndirnar betur í nyt.

b. TÖFRASJÁIN (*TRYLLEPERSPEKTIV*).

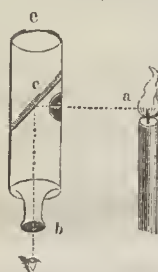
Þeir vita það, sem reynt hafa, hvort menn geta með tóli þessu sèð í gegnum hendina á sèr, heilt borð eða bjálka, eða nokkuð þesskonar. En það megum vèr fullyrða, að svo mun hverjum sýnast í fyrsta sinn, sem hann lítur í töfrasjána, og ekki mun honum þá þykja henni nafnið ofgefið. En vèr skulum nú skoða allan galdurinn og skýra hann fyrir oss með 167. myndinni.

bdgi eru ferstrendar pípur; *bc*, *de*, *fg* og *hi* eru flatar skuggsjár, sem allar hallast 45 stig við lárèttu línuna *ak*. það er nú sýnt með púnktalínunum, hvernig geislarnir frá ljósinu *m* kastast úr hverri skuggsjánni ìnn í aðra, og á endanum inn í auga mannsins, sem er hinumegin, og þykir oss það ekki þurfa meiri útskýríngar við, heldur en þeirrar, sem þegar er komið í því, er vèr höfum sagt hèr að framan um geislakast hinna flötu skuggsjáa.

167. mynd.



168. mynd.



Önnur töfrasjáin er leikhús-sjónpípan (*Operakikkert*), sem kölluð er. Hún er einkar hentug til þess að skoða menn í, án þess að sá, sem horft er á, taki eptir því, eða verði þess var. 168. mynd er uppdráttur af tóli þessu. Innan í pípunni er flöt skuggsjá *c*, sem hallast 45 stig við lengdarlínu pípunnar. Hver sá ljósgeisli, sem kemur eptir stefnunni *ac*, fellur hèr inn í augað við *b*. Pípukaflinn *ce* er ekki til annars en að auka villuna. Sá sem þekkir þessar töfrasjár báðar, honum mun ekki veita örðugt að skilja það, að þær geta verið mjög ýmislega lagaðar.

c. SKUGGSJÁRSTOKKAR (*SPEILKASSER*).

Til þess að lesendum vorum takist að gjöra sèr grein fyrir skuggsjárstokkunum, ráðum vèr þeim til þess að gánga fyrir flata skuggsjá, sem hángir á vegg, eins og vant er að vera í herbergjum manna, og breyta stöðu sinni fyrir henni á alla vegu, og taka sem bezt eptir afleiðíngum þeirra breytínga á myndinni. Með þeim hætti sèst, að breytíngarnar á stöðu líkamans fyrir skuggsjánni breyta og töluvert myndinni í henni. þannig sèr maður aðrar myndir í skuggsjánni, þegar maður stendur til hliðar við hana, heldur en þegar maður stendur beint frammi fyrir henni. Orsakirnar til þessa eru auðfundnar: því þegar maður breytir stöðu

sinni, þá koma nýir og nýir apturkastsgeislar að auga manns, og þess vegna hljóta þá og að koma fram nýjar og nýjar myndir í skuggsjánni.

Þessar einkunnir skuggsjánna, sem nú hefir verið minnzt á, eru rótin til hinna margvíslegu skuggsjárstokka. Þeir eru vanir að vera með 3 eða fleiri götum á einni hliðinni, og eru það götin, sem horft er í. Vèr ætlum að láta oss nægja að lýsa hèr einúngis 2 af hinum algengustu skuggsjárstokkum.

Fyrst tekur maður rètthyrndan stokk, tígulmyndaðan, og setur í hann skilveggi eptir báðum hornalínunum, svo að þeir skerast í miðjum stokknum. Við það koma þá fram eins mörg þríhyrnd hólf í stokknum, eins og hliðarnar eru margar. Að því búnu eru allir hornalínu-skilveggirnir báðumegin þaktir utan með skuggsjárgleri, og sín mynd höfð í hverju hólfi. Nú eru gjörð göt á allar hliðarnar á stokknum, svo að sjá megi inn um þau í hólfin, en ofan yfir stokkinum hafa menn optast nær eitthvað, sem er nokkurnveginn gagnsætt, t. a. m. þunnt skinn (pergament), grisjusilki eða gisið lèrept. Birtan kemur þá ofan um það í hólfin, og hvert gatið, sem litið er inn um, þá kemur æfinlega eitthvað nýtt og nýtt fyrir sjónir. — Hinir stokkarnir eru enn óbrotnari. Þeir eru eins í laginu, en skilveggjalausir, heldur eru skuggsjárglerin allt í kríng innan í stokknum. En fyrir götunum, sem horfa skal inn um, er kvikasilfrið skafið af glerinu. Myndirnar standa á miðjum botninum og margfaldast þær í skuggsjánum, eins og skiljanlegt er af því sem áður er sagt. Það er siður, að nota ljósbirtu við þessa stokka, og hafa myndirnar á völtum, svo að þær verði bæði látnar hreifast til og frá, og eins til þess, að þær verði látnar skiptast um.

Jafnvel þó að sum önnur tól, sem hèr eiga skylt við, sè nytsamari, en þau, sem vèr höfum nú sagt frá, getum vèr þó ekki skýrt frá þeim á þessum stað. Vèr treystum því og, að sá, sem vel hefir kynnt sèr það, sem hèr hefir verið sagt um hinar flötu skuggsjár, muni fljótt skilja í tilbúníngi þeirra tóla, ef þau bera fyrir hann.

8.

HIN BJÚGA SKUGGSJÁ.

a. INNGÁNGUR.

Fyrst og fremst skulum vèr nú setja á oss nokkur atriði um skuggsjár með bjúgum fleti.

1. Af þessum skuggsjám eru þær tíðkanlegastar, sem eru eins í lögun og kúlusneiðir*), og eru þær þó öldúngis ekki hinar fullkomnustu. Vèr ætlum hèr ekki að lýsa keilu- nè sívalníngs-skuggsjánum, heldur geta þess eins um þær, að í þeim sýnast allir hlutir afskræmdir og vanskapaðir. Menn hafa því búið til uppdrætti eptir þessum skuggsjám, sem hvergi sýnist rètt mynd á nema í þeim einúngis.

2. Miðdepill, geisli og þverlína kúlu-þeirrar, sem skuggsjáin er sneið af, er og kallaður hinn stærðafræðislegi miðdepill, geisli og þverlína skuggsjárinnar.

3. Þegar hinn innri flötur eða laut hinnar bognu skuggsjár er skygnd, þá er hún kölluð íhvolf (*konkav*) eða safnskuggsjá (*Samlespeil*), en sè þar á móti hinn ytri flötur eða búnga hennar skygnd, þá er hún kölluð kúpt (*konvex*) eða tvísturskuggsjá (*Spredespeil*). Flestar bjúgar skuggsjár eru í raun og veru annaðhvort safn- eða tvístur-skuggsjár. Orsökin til nafnanna sèst þegar, ef menn halda skuggsjám þessum fyrir sólinni: því þá lenda allir geislarnir á apturkastinu úr safnskuggsjánni í einum vissum depli, en úr tvísturskuggsjánni dreifast þeir út á alla vegu, eins og þeir kæmi frá einhverjum einum depli á bak við hinn skygnda flöt.

4. Safnstaður allra apturkastsgeislanna liggur í miðjum skuggsjárgeislanum, er hann kallaður brennistaður**) (*focus* — *Brændepunkt*) af þeim orsökum, sem getið var um í atriðinu

---

*) Af hinum bjúgu skuggsjám eru hinar fleigbjúgu (*parabolisk*) fullkomnastar, en þær eru lagaðar eptir fleigboga (*Parabola*), sem er bjúglína ein í hinni þýngri stærðafræði.

**) Brennistaðurinn er ekki neinn stærðafræðislegur depill, heldur fer hann öldúngis eptir mynd skuggsjárinnar, og er stundum lengri, en stundum styttri lína (brennilína). Þetta sèst af því atviki, að þeir geislar einir kastast aptur eptir miðju geislans (*radii*), sem komu rètt hjá möndlinum inn í skuggsjána. Hinir þar á móti lenda á apturkastinu í depli, sem fjær liggur geislamiðjunni.

um hitann. Fjarlægð þessa depils frá skuggsjánni er kölluð brennivídd hennar. — Tvísturskuggsjáin hefir engan verulegan brennistað, heldur einúngis ímyndaðan.

5. Möndul hinnar bjúgu skuggsjár köllum vèr þá línu, sem bæði liggur í gegnum miðdepilinn og brennistaðinn. Með möndlinum er ljósmiðja (*optisk Centrum*) skuggsjárinnar ákveðin, en það er sá depill í skuggsjánni, sem allir deplar í umgjörð hennar eru jafn-fjærri.

6. Nöfnin aðkasts- og apturkastsgeislar, aðkasts- og apturkastshorn eru eins höfð um skuggsjár með bognum fleti og beinum. Lögmál það, sem áður hefir verið minnzt á, fyrir apturkasti ljósgeislanna, á hèr og engu síður heima.

b. SAFNSKUGGSJÁIN.

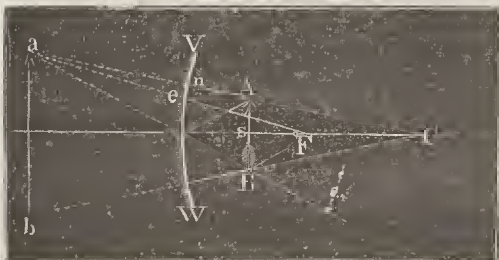
Taki maður dálitla safnskuggsjá, og setji hæfilega stórt ljós rètt við hana, þá sèr maður mynd ljóssins upprètta nokkuð lengra á bak við skuggsjárflötinn, en ljósið er lángt fyrir framan hann, og dálítið stærri en ljósið er. Sè ljósið fært nær brennistaðnum, þá sýnist það bæði enn fjær og enn stærra en áður. Að öðru leyti breytist ekki myndin við þetta. En ef að ljósið er sett í brennistaðinn sjálfan, þá sèst engin mynd í skuggsjánni, heldur einúngis skin mikið eða birta í ærinni fjarlægð. Ef ljósið er flutt út fyrir brennivíddina, en þó ekki lángt frá brennistaðnum, þá sèst myndin að nýju, en er þá á hvolfi, svo að það snýr niður í myndinni, sem upp veit á ljósinu. Nú er og myndin fyrir framan skuggsjána, en ekki á bak við hana eins og áður, og sýnist því stærri, sem ljósið er nær brennistaðnum. Í hinum stærðafræðislega miðdepli mætist loks bæði myndin og ljósið. Að lyktum skyldi nú ljósið vera fært sem allra lengst burt frá skuggsjánni; sèst þá mynd þess rètt hjá brennistaðnum, og er það einhver hin bezta röksemd fyrir því, að brennistaðurinn sè ekki annað en mynd af sólinni (því eins og mynd ljóssins kemur hèr fram í nánd við brennistaðinn, þegar ljósið myndar sig í skuggsjánni, eins kemur og mynd sólarinnar fram í brennistaðnum, þegar hún myndar sig með samhliða geislum. Myndirnar fyrir framan skuggsjána eru þær einu sönnu loptmyndir, þ. e. slíkar myndir, sem geislar frá sama depli líkamans sameinast í aptur í raun og veru. — Ef maður heldur t. a. m. hvítu brèfi á þeim stað, sem myndin sýnist vera, þá koma allir litir líkamans

fram á brèfinu. það er vani manna, að láta þessar loptmyndir koma fram á hvítum vegg, sem hafður er beint fram undan skuggsjánni.

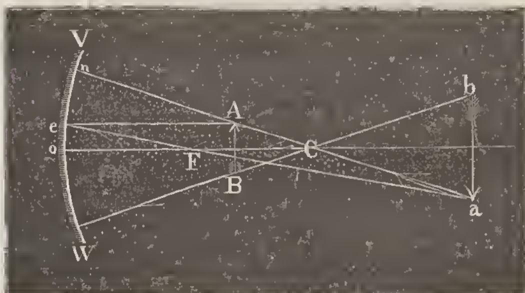
Vèr ætlum nú einúngis að skýra þau tvö atvik fyrir lesendum vorum, þegar líkaminn er: 1. á milli skuggsjárinnar og brennistaðarins, og 2. á milli brennistaðarins og miðdepilsins.

Í 169. og 170. myndinni er skuggsjáin *VW*, og er það íhvolf skuggsjá eða safnskuggsjá. *C* er hinn stærðafræðislegi miðdepill, *F* er brennistaðurinn, *o* er ljósmiðjan, og *AB* er ör, sem í 169. myndinni er fyrir innan brennivíddina, en í 170. myndinni á milli brennistaðarins og miðdepilsins *C*. Geti maður nú fundið þann stað, sem *A* myndar sig á í skuggsjánni, þá er og hægt að skilja í allri myndaninni. En hvernig er nú hægast að finna þenna stað? — það er með því, að draga línu frá *C* í gegnum depilinn *A* til skuggsjárflatarins. þessi lína *CAn* kemur þá þverbeint á flötinn, og ljósgeislinn *An* fer auðsjáanlega sömu leið burt frá skuggsjánni og hann kom að henni. Depillinn *A* hlýtur því að myndast í framlengdri línunni *An*. En sá ljósgeisli, sem fellur frá *A*, samhliða möndli skuggsjárinnar, eða *Ae*, lendir á apturkastinu í brennistaðnum *F*. Myndin af deplinum *A* hlýtur því einnig að verða í framlengdri línunni *Fe*. þess vegna verður myndin af deplinum *A* að lenda á þeim stað, sem þessar lengdu línur *An* og *Fe* skerast á. Í 169. myndinni ligg-

169. mynd.



170. mynd.



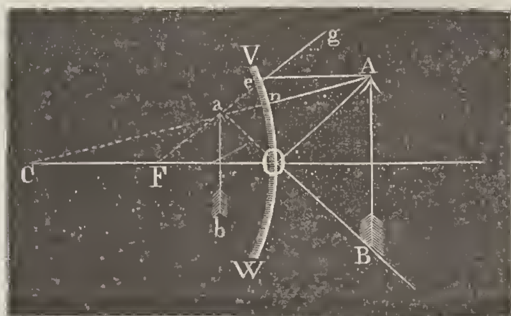
ur þessi skurðardepill *a* á bak við skuggsjána, en fyrir framan hana í 170. myndinni. Um leið og vèr hvetjum lesendur vora til, að búa sèr til ymsar myndir eptir þessum, og reyna til þess að auðga sem mest þekkíngu sína á geislakastslögum hinna íhvolfu skuggsjáa, þá tökum vèr einkum þetta tvennt fram: 1. Ef maður veit stefnu tveggja aðkastsgeisla frá einhverjum depli líkamans, þá má af því finna myndunarstað hans í skuggsjánni, og 2. lega myndarinnar fer eptir legu líkamans. Þegar líkaminn er á milli skuggsjárinnar og brennistaðarins, þá myndast hann upprèttur (þ. e. hann snýr þá rètt í myndinni). Myndin verður þá á bak við skuggsjána, og stærri en líkaminn sjálfur er (169. mynd). En ef líkaminn er á milli brennistaðarins og miðdepilsins, þá verður myndin enn lengra fram undan skuggsjánni, og á hvolfi; eins verður myndin þá og stærri, en líkaminn, sem hún er af (170. mynd). En þó að líkaminn sè á bak við *C* í *a b*, þá verður þó mynd hans mínkuð og á hvolfi í *A B*.

c. TVÍSTURSKUGGSJÁIN.

Nú setjum vèr ljósið búngumegin við skuggsjána, því það er hinn skygndi flötur hennar. Hvar sem vèr setjum ljósið fyrir þessa skuggsjá, hvort sem það er heldur rètt við ljósmiðju hennar, eða við eða í brennistaðinn, eða á milli hans og miðdepilsins, verður þó myndin af ljósinu allt af á bak við skuggsjána, upprètt, en minni en ljósið er, og því minni, sem því er haldið fjær henni.

Þegar vèr gætum vandlega að 171. myndinni, þá sjáum vèr, að þetta verður svona að vera. *V W* er hèr skuggsjáin, *C* miðdepillinn, og *F* brennistaðurinn (þ. e. hinn ímyndaði brennistaður); *O* er ljósmiðjan, *A B* örin og *a b* mynd örvarinnar. Aðkastsgeislana *A e* og *A O*

171. mynd.



þekkjum vèr nú af því, sem áður er sagt. Til þess að finna apturkastsgeislann frá *Ae* ber þess að gæta, að aðkastsgeislinn *AE* stefnir einmitt samhliða skuggsjármöndlinum, og að þegar hann því lendir á búngufletinum, tekur hann stefnuna eins og hann kæmi frá hinum ímyndaða brennistað *F*. Hann fer þá eptir línunni *e g*. Geislinn *A n* lendir þverbeint á skuggsjárfletinum, vegna þess að hann stefnir á miðdepilinn *C*. þessi geisli kastast því sömu leið frá fletinum og hann kom að honum. Sè nú línurnar *e g* og *A n* lengdar aptur á bak, þá finnur maður depilinn *a*, en þaðan sýnast allir geislar frá *A* að koma, eptir apturkast þeirra frá skuggsjánni. *a* er því myndin af *A*. Af þessu leiðir þá: 1. Myndin verður ætíð á bak við skuggsjárflötinn, og 2. sýnist því minni, sem *A B* er lengra frá *V W* (líkaminn frá skuggsjárfletinum), því þá verður hornið *A C B* minna, en þar stendur myndin innan í. — Vèr ætlum ekki að fjölyrða meira um þetta, því myndirnar skýra sig sjálfar.

171. mynd.

9.

ÝMISLEG NOTKUN HINNAR BJÚGU SKUGGSJÁR.

a. SAFNSKUGGSJÁIN NOTUÐ TIL ÞESS AÐ AUKA MEÐ BIRTUNA.

það er alltítt, að safnskuggsjár eru hafðar til að auka með birtu lampa þeirra, sem látnir eru brenna á strætum úti í stórum borgum. Vèr efumst og ekki um, að þeir af lesendum vorum, sem kynnu að hafa sèð þessa lampa eða ljósbera, muni hafa tekið eptir því, hvað ljósmegn þeirra er óskiljanlega mikið, og ef til vill sèð, hvað því var ollanda. Safnskuggsjárnar eru ýmist hafðar úr fáguðum eiri, látúni eða silfri, og með því þær eins og handsama ljósgeislana og veita þeim frá sèr aptur í einhverja vissa afmarkaða átt, þá getur oss ekki annað en skilizt það, hvaða

afl og birtu ljósið hlýtur að fá við þær á þessu vissa sviði. Safnskuggsjárnar eru og notaðar inni við í laungum gaungum og stórum sölum, og til þess að efla með logbirtu vitaturnanna eða mark-eldanna.

b. SAFNSKUGGSJÁIN NOTUÐ FYRIR BRENNISKUGGSJÁ (ELDSKUGGSJÁ).

Því þèttara sem sólargeislarnir falla á líkamann, því meiri hita vekja þeir. Þetta er ein lögmálsgreinin fyrir hinu ilvekjanda afli sólarinnar, og höfum vèr minnzt á hana áður. Ef að nú allir þeir aðkastsgeislar, sem fara samhliða skuggsjármöndlinum, skerast á apturkastinu frá hinum skygnda fleti í einhverjum vissum depli — og það gjöra þeir —, þá hlýtur og safnskuggsjáin að geta vakið fjarska mikinn hita í brennireit sínum. Vèr höfum og fært dæmi til þess í atriðinu um hitann, að þetta á sèr í raun og veru stað, þar sem bæði gler og málmar og jafnvel hinn afarharði demant bráðnar, ef honum er haldið í brennistað slíkra skuggsjáa. Sú safnskuggsjá, sem er 4 feta í þvermæli og hefir 6 feta brennivídd, gjörir hitann 5000 sinnum ákafari, en hann var áður.

Með flötum skuggsjám geta menn raunar eflt hitann svo mjög, að það kvikni í allskonar eldfimum líkömum á 3 eða 4 hundraða feta laungum vegi. Skuggsjánum er þá þannig fyrir komið, að þær myndi allar saman stærri eða minni kúlusneið, og verður þá geislakast þeirra allra saman svipað því, sem sagt hefir verið um hinar íhvolfu safnskuggsjár. Það er ætlan manna, að *Arkimedes* hafi einmitt haft þetta ráð, til þess að kveikja í skipaflota Rómverja árið 212 fyrir Krists fæðíngu, þegar flotinn lá fyrir Sýrakúsu, og Rómverjar ætluðu að taka hana.

c. SAFNSKUGGSJÁIN NOTUÐ FYRIR TÖFRASKUGGSJÁ.

Það er ekki að undra, þó að mönnum rísi hugur við, að sjá í myrkri höfuðlausa drauga og alblóðugar apturgaungur á reiki um kirkjugarða eða aðra svipmikla staði, þegar þeir vita ekki hvernig þessi ófagnaður er undir kominn. Vèr skulum nú gjöra ráð fyrir svo hugrökkum manni, að hann gengi móti þeim og lèti ekki hræða sig. En mundi honum þá ekki þykja nóg um, ef vofurnar, í stað þess að hörfa undan, gengi jafn-óbilugar á móti honum, og göbbuðu hann með því, að verða að reyk eða

gufu í þeirri svipan, sem hann þættist hafa fengið handfesti á þeim? — Af þessum og öðrum slíkum atburðum hefir margur skynsamur maður orðið hjátrúarfullur, vegna þess að hann vissi ekki að þetta var leikur einhvers manns, sem leyndist þar skammt frá í einhverju horni eða kytru, og bjó til allar vofurnar með bjúgu töfraskuggsjánni sinni.

Vilji maður leika þenna galdur, þá er fyrst að fá sèr safnskuggsjá, sem sè 2 eða 3 feta í þvermæli, og setja hana ofan í hæfilega stóran stokk, alsvartan innan. Þar næst er svo um búið, að maður getur látið 8 eða 10 þumlúnga lángar mannamyndir hlaupa ofan um gat nokkurt á stokklokinu, og svo eru hafðir tveir ljósberar eða lampar í stokknum, til þess að birtan sè nóg. Hèr að auki ber þess að gæta: 1. að skuggsjánni sè miðað rètt á myndina, sem fram á að koma, og að hún sè á bak við brennistað hennar, og — 2. að önnur minni safnskuggsjá standi á bak við lampann í stokknum, og kasti birtunni á myndina, en þó ekki á hina stóru skuggsjána um leið. En til þess að vofan sjáist fyrir utan stokkinn, þá er haft gat á honum á einhverjum vissum stað. Sè myndin svo til búin, að hún hreifi hendur, fætur, augu, o. s. frv., þá gjörir vofan eins. Með þessari aðferð má leika hinar undarlegustu vofur, og sýna ýms atriði úr sögunni og mannlífinu yfir höfuð. Þegar allt er sem vandaðast og fullkomnast, þá eru lifandi menn hafðir í staðinn fyrir trèmyndirnar, og er þá allur hinn annar umbúníngur gjörður eptir því, bæði að stærð og fyrirkomulagi.

10.

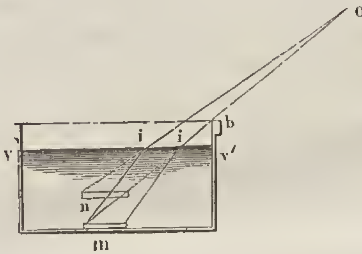
INNGÁNGSORÐ UM GEISLABROTIÐ.

Fyrst tökum vèr tómt ílát (bolla eða eitthvað þesskonar), og leggjum pening á botn þess. Nú látum vèr einn eða fleiri menn vera á þeim stað, er sjá rètt yfir barminn á kerinu, og hellum svo hægt og hægt vatni í það. Sýnist þá áhorfendunum ekki betur, en að peníngurinn hækki í kerinu, þángað til hann virðist að lokum nema staðar á vissri hæð. Þenna viðburð skulum vèr nú athuga nákvæmar.

Í 172. myndinni er $v v'$ ílátið, en m er sá staður á botni

þess, sem peníngurinn liggur á. Auga áhorfandans er í deplinum *o*, og *b* er sá staður á barminum, sem peníngurinn sèst yfir. Svo lengi sem ekkert er í ílátinu, nema lopt (svo lengi sem það er tómt), þá fara ljósgeislarnir frá *m* beina leið að auganu í deplinum *o*. En þetta breytist undir eins og vatnið kemur í ílátið. Sýnist þá *m* lyptast upp og staðnæmast í deplinum *n*. Við deplana *i i* er það, sem geislar þeir skera vatnsflötinn, sem koma frá peníngnum að auga áhorfandans. En þessir deplar eru ekki í beinni línu við *m* og *b*, og við nákvæmari athugan sjáum vèr, að þessir geislar halda allt af beint áfram, á meðan þeir eru að fara í gegnum vatnið eða frá *m* til *i*: því þeir breyta stefnunni á sama augabragði og þeir koma á takmörk loptsins og vatnsins, eða í *i*. En vèr skulum yfirgefa þetta að sinni, og hverfa að nokkrum atriðisgreinum, sem oss er einkum nauðsyn á að setja á oss.

172. mynd.



1. Sèrhver sá ljósgeisli, sem fer á snið út úr einum gagnsæjum líkama inn í annan þèttari eða gisnari líkama, skiptist við takmarkaflöt þeirra í þrjá parta. Einn af þessum þremur geislapörtum hverfur öldúngis úr sögunni, rètt eins og sá líkami, sem við tekur, gleypi hann í sig. Annar partur geislans kastast aptur á bak, og hinn þriðji parturinn fer inn í hinn nýja gagnsæja líkama, en fer þá um leið meira eða minna út af sinni fyrri stefnu (þ. e. brotnar).

2. Því skáhallari, sem stefna geislans er, þess sterkari verður hinn apturkastaði partur hans, en því veikari hinn brotni. — Sè sá líkaminn, sem við tekur, þèttari í sèr en hinn, sem geislinn kemur frá, þá brotnar þó geislinn engu að síður, þó hann stefni nærri því samhliða takmarkafleti hinna gagnsæju líkama.

3. Þèttir líkamir eru vanir að gjöra meira geislabrot, en hinir gisnari eða óþèttari. — Þó að þetta sè

víst, er þó hitt engu síður sannreynt, að geislabrotið fer ekki eptir þèttleika líkamanna eingaungu, heldur og eptir efnafræðislegu ásigkomulagi þeirra. Þannig verður geislabrotið t. a. m. meira í eldfimum líkömum, en þeim, sem ekki eru eldfimir. En því er miður, að menn eru enn skammt á leið komnir í þekkíngunni á sambandinu milli geislabrotsmáttar líkamanna og annara eiginlegleika þeirra. Þess vegna getum vèr ekki heldur skýrt þetta lögmál nákvæmar fyrir lesendum vorum að svo stöddu.

4. Við sèrhvert geislabrot verður nokkur einkennileg breytíng á ljósinu, eins og síðar mun verða sýnt í bók þessari, þ. e. útbreiðsla geislanna í litlum hornfleti.

5. Nöfnin: aðkastsgeisli (*radius incidens*), geislabrotsgeisli (*radius refractus*), aðkastslóð (*cathetus incidentiae*), aðkastshorn (*angulus inclinationis* eða *incidentiae*) og geislabrotshorn (*angulus refractus*) þýða hèr hið sama og áður er á vikið, þar sem þau eru við höfð hèr að framan.

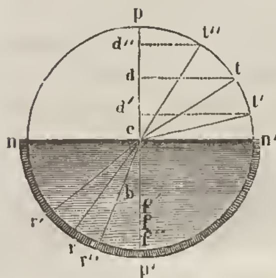
6. Það er örðugra að skýra frá geislabrotslögmálinu, en lögmálinu fyrir apturkasti geislanna, og það er varla til þess ætlanda, að þeir menn geti skilið þær til hlítar, sem ekki eru dálítið á veg komnir í stærðafræðinni. En þetta lögmál er sem hèr segir:

Ef ljósgeisli kemur úr gagnsæjum líkama, og fer inn í annan líkama gagnsæjan, þá er það hið sama hvort hinn viðtakandi líkami er þynnri eða þèttari í sèr, en hinn var, því geislinn brotnar þó ætíð þannig, að **sínus-línur** (*sinus* = *semissis inscriptae* = hálfstrengur?) þess horns, sem geislinn myndar í báðum líkömum við aðkastslóðið, eru í óbreytanlegum hlutföllum fyrir báða líkamina.

Þetta fagra lögmál er undirstaða allrar geislabrotsfræðinnar (*Dioptrik*), og skulum vèr nú reyna til að skýra það fyrir oss

með 173. myndinni. c skyldi vera sá depill, þar sem ljósgeislinn kemur á hinn viðtakanda líkama, og nn' takmarkaflötur líkamanna. Nú drögum vèr þá aðkastslóðið pcp' þverbeint á takmarkaflötinn í gegnum depilinn c. Þar næst skulum vèr ímynda oss flöt, sem gengi bæði í gegnum aðkastslóðið og aðkastsgeislana $t''c$, tc og $t'c$ og mundu þá geislabrotsgeislarnir cr'', cr og cr' lenda í þessum fleti, en þó með þeim hætti, að hornin í hinum þèttara líkama (sem í myndinni er ætlað til að sè vatn) $r''cp'$, rcp' og $r'cp'$ eru minni (hvassari), heldur en hornin í hinum þynnra líkama (sem hèr skyldi vera loptið), pct'', pct og pct'. Ef vèr nú hèr að auki drögum línurnar $t''d''$, td, $t'd'$ og $r''f''$, rf, $r'f'$ þverbeint á aðkastslóðið, þá eru þar við fengnir sínusar hinna 3 áður nefndu aðkastshorna, og hinna 3 geislabrotshorna, og það eru einmitt þær, sem jafnan mynda óbreytanleg hlutföll sín á milli, í hvaða stefnu sem geislarnir fara, og svo lengi sem sömu tveir líkamir eru. Með tilliti til 173. myndarinnar eru geislabrots-hlutföllin í rauninni þessi: $r'f'$, $t'd = rf$, td ($r'f' : t'd = rf : td$) eða $r''f''$, $t''d'' = rf$, td ($r''f'' : t''d'' = rf : td$), o. s. frv.

173. mynd.



7. **Þau geislabrots-hlutföll, sem helzt er þörf á að vita, eru þau á milli loptsins og vatnsins og á milli loptsins og glersins.** — Án þess að skýra hèr nákvæmar frá, hvernig menn hafa farið að finna þessi hlutföll, getum vèr þess, að hlutföllin milli lopts og glers eru hèrumbil eins og á milli 3 og 2, en á milli lopts og vatns hèrumbil eins og á milli 4 og 3.

Vèr vonum að lesendunum takist nú bæði að sjá og skilja marga þá náttúruviðburði, sem eiga rót sína annaðhvort í **himins-** eða **jarðgeislabrotinu** (*astronomisk* og *terrestrisk*), og ætlum vèr einúngis að benda hèr á nokkra þeirra, lesendum vorum til íhugunar.

Stafur eða staung, sem haldið er á ská niðri í bárulausu vatni, sýnist vera brotin við vatnsflötinn (þ. e. við takmarkaflöt lopts og vatns). — Fiskarnir í vatninu sýnast ætíð hèrumbil $\frac{1}{4}$ nær vatnsfletinum, en þeir í raun og veru eru. — Vèr sjáum

stjörnuna fyr en hún er í raun og veru komin upp, og eptir það að hún er gengin undir*). — Túnglmyrkvi getur orðið, þó sól sè á lopti. — Líkamir sem eru í hituðu eða hreifðu lopti titra, svo að á ber (þetta er af því, að hinn mikli þèttleikamunur loptsins gjörir það að verkum, að ljósgeislarnir brotna svo ótt og títt hver á eptir öðrum, og það á sína hlið hver, og koma svo eptir ymsum stefnum á auga áhorfandans). — Sólirnar (*Fixstjerner*) blika. — Líkamir, sem eru niðri í vatni, sýnast allir komast á hreifíngu undir eins og vatnsflöturinn hreifist, o. s. frv.

11.

GEISLABROT Í SKYGNDU GLERI.

Hèr ber oss nú einkum að snúa athygli vorri að hinum skygndu glerum, og eru þau, eins og skuggsjárnar, sum flöt en sum bogin. Af hinum flötu glerum er hvervetna nóg til, þó ekki sè nema gluggaglerið. Hin bognu gler eru ekki eins algeng, og þó má ekki kalla að neinn skortur sè á þeim (t. a. m. eldglerum, gleraugnaglerum, o. s. frv.). Vèr skulum nú athuga nokkuð hvern flokk fyrir sig.

A. HIN FLÖTU GLER.

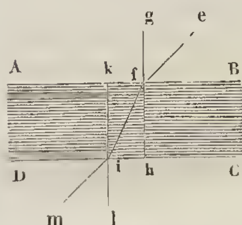
Vèr megum óhætt gjöra ráð fyrir, að lesendum vorum sè margir þeir viðburðir kunnir, sem hin flötu gler, einkum þau með samhliða flötum, eru ollandi, eða að minnsta kosti riðin við. En þó að nokkrir af þessum viðburðum sè þeim ókunnir, þá eru þeir allir svo auðveldir og óbrotnir, að þegar er hægt að skýra þá fyrir sèr. Vèr vitum ekki til, að gler þessi gjöri neinar breytíngar fyrir auganu, nema þá, ef geislarnir stefna skáhallt á þau, þá sýnist líkaminn vera færður dálítið til hliðar frá sinni rèttu legu. En þau breyta t. a. m. stærð líkamanna ekki neitt. Vèr skulum gjöra oss þetta ljóst með 174. myndinni.

---

*) Sèrhver geisli, sem kemur á ská niður á andrúmsloptið eða jarðloptið frá himinhnöttunum, hlýtur að víkja frá beinni leið og fara eptir boglínu nokkurri, þar sem loptlögin á vegi hans eru svo misþètt. Þetta er rót himingeislabrotsins. Ef vèr gætum þess hèr að auki, að vèr sjáum hvern líkama í stefnu þess geisla, sem frá honum kemur og lendir á auga voru, þá hlýtur sólin til að mynda að sjást, þó hún sè í raun og veru gengin undir. (Þetta geta menn skýrt fyrir sèr með mynd, með því að tákna loptlögin með allt einum hríngbogum).

ABCD skyldi vera gagnskurðarflötur á flötu gleri, eða gleri með jafnhliða flötum. *ef* skyldi vera ljósgeisli, og *gh* aðkastslóðið, sem er dregið þverbeint á takmarkaflöt lopts og glers í deplinum *f*. Vegna þess að geislinn *ef* brotnar í sama bili og hann ætlar inn í glerið, og eins og kippist þá nær aðkastslóðinu, þá hlýtur línan *fi* að tákna leið hans í gegnum glerið. Geislinn breytir auðsjáanlega stefnu sinni í annað skipti við *i*, og ef loptið er öldúngis jafn-þètt í sèr báðumegin við glerið, þá verður geislabrotsgeislinn *im* að vera öldúngis samhliða aðkastsgeislanum *ef*; því ljósið fer ætíð sama veg aptur á bak og áfram. — Myndin sýnir og, að því þykkara sem glerið er, því meira færist líkaminn úr stað, eða: því stærri verða geislabrotshornin, sem glerið er þykkara, og því skáhallara sem það liggur við auga áhorfandans Gluggaglerið er optast nær svo þunnt, að það gjörir svo lítið sem ekkert geislabrot.

174. mynd.



Ef vèr horfum á einhvern líkama í gegnum gler nokkurt með beinum flötum, en ekki jafnhliða, þá megum vèr gánga að því vísu, að geislabrotið verði æði mikið. Þetta sèst hvergi betur en í þríhliðaða glerstrendíngnum (*Tresidig Prisma*), sem lýst verður í 12. gr. — Vèr skulum nú horfa á einhvern vissan líkama í gegnum þenna glerstrendíng, og gæta að því einúngis, hvað lega líkamans virðist haggast mikið, eða eins og kippast meira eða minna til, eptir því hvernig glerinu er haldið fyrir auganu. Þegar vèr gjörum þessa tilraun, þá hirðum vèr ekki um hinar lituðu randir, sem vèr sjáum í glerinu. Þær koma þar til yfirvegunar, sem talað verður um litina. En þessi skekkja á legu líkamans kemur af geislabrotinu í glerstrendíngnum, því geislinn brotnar tvisvar í strendíngnum, og vèr sjáum líkamann í þeirri stefnu, sem á geislanum er, þegar hann nær auganu. En þess ber vandlega að gæta, að hreifa ekki augun til nè frá, á meðan á tilrauninni stendur, því þá yrði þetta allt öðruvísi.

B. HIN BOGNU GLER.

aa. Inngángsorð um hin bognu gler.

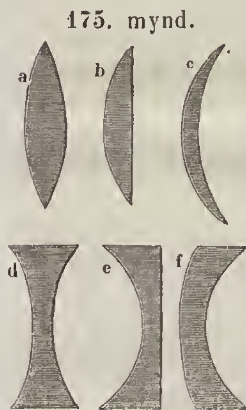
Tilraunir þær, sem gjörðar verða með hinum bognu glerum, eru miklu efnismeiri og fjölbreyttari en þær, sem gjörðar verða með hinum beinu. En áður en vèr förum að lýsa þessum tilraunum skulum vèr setja á oss nokkrar atriðisgreinir.

1. Öllum hinum bognu glerum skipta menn í tvo flokka, safngler og tvísturgler. Safnglerin eru ætíð þykkust í miðjunni, en hin út við jaðrana.

2. Við tilraunir þær, sem hèr verður sagt frá, notum vèr hin kringlóttu (*sphæriske*) gler einúngis, þ. e. þau gler, sem eru eins og dálitlar kúlusneiðir. Slík gler er ekki örðugt að búa til.

3. Í miðjunni á sèrhverju slíku gleri er sá depill til, sem fletirnir eru samhliða á. Þann depil köllum vèr ljósmiðju (*optisk Centrum*) glersins, og þá línu, sem liggur þverbeint í gegnum hana, köllum vèr möndul (*Axe*) þess. Möndullinn liggur ætíð í gegnum hinn stærðarfræðislega miðdepil glersins; þ. e. miðdepil kúlu þeirrar, sem glerið gæti verið sneið af. Hann liggur og í gegnum brennistað*) glersins, og er því hèr öllu saman eins varið, eins og áður var getið um, þar sem talað var um hinar bognu skuggsjár. Brennistaður tvísturgleranna er einúngis ímyndaður.

175. mynd.



4. Jafnvel þó að safnglerin bæði sè og geti verið með mörgu lagi, þá sýna þau þó flestöll hið sama. Sama er og að segja um tvísturglerin, að þó að myndir þeirra sè mjög fjölbreyttar, þá eru þó störf þeirra allra nærri því hin sömu. Í 175. myndinni er *a* tvíkúpt (*dobbelt konvex*), *b* einkúpt (*plan konvex*) og *c* hólfkúpt (*konkav-konvex*) safngler; en *d* tvíhvelft (*dobbelt konkav*), *e* einhvelft (*plan-konkav*) og *f* kúphvelft

*) Lega brennistaðanna fer eptir því, hvort glerið er gjört úr einu efni eða blönduðu. Ef glerið er úr fleirum en einu efni, þá getur brennistaðurinn orðið á öðrum stað, en menn mundu hafa ætlað, eptir mynd eða lögun glersins.

(*konvex-konkav*) tvísturgler. Vèr höfum ásett oss að skýra hèr einúngis frá tilraunum þeim, sem gjöra má með hinu tvíkúpta safngleri og hinu tvíhvelfda tvísturgleri.

bb. Safnglerin eða eldglerin.

Til þess að finna brennistað glera þessara, eða rèttara sagt brennivídd þeirra, skal svo halda glerinu fyrir sólinni, að geislar hennar falli sem þverbeinast á það, og gæta síðan að, hvar geisli ljósskeilunnar á bak við glerið er styttstur, eða hvar geislinn úr glerinu er mjóstur. Þar er einmitt brennistaður glersins, sem hitinn og birtan er mest. Þegar brennistaðurinn er fundinn, þá setur maður einhvern lýsanda líkama, t. a. m. loganda ljós: 1. á einhverja tvo depla í möndli glersins fyrir innan brennivíddina; 2. í brennistaðinn sjálfan; — og 3. á tvo þá depla í möndlinum fyrir utan brennivíddina, sem fengizt geta lengst hvor frá öðrum. Með þessum hætti sjáum vèr þá, að ljósmynd sú, sem geislabrotið í eldglerinu myndar, fer öldúngis eptir því, hvar líkaminn er settur. Ályktunin af þessum athugunum verður eins og hèr segir:

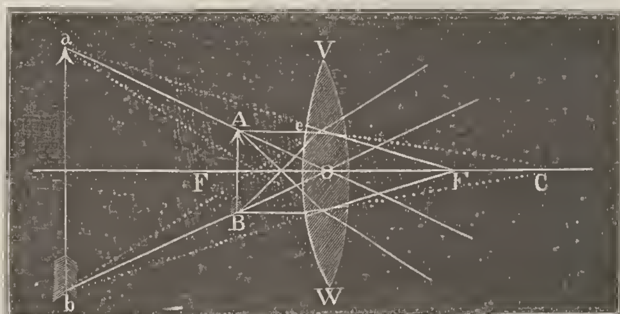
1. Svo lengi sem hið loganda ljós stendur fyrir innan brennivídd glersins, er og myndin upprètt, og sama megin við glerið og líkaminn er. Myndin verður þá og því stærri, sem ljósið er nær brennistaðnum.

2. Þegar ljósið er í brennistaðnum sjálfum, þá sèst engin mynd. Er þá ekki annað að sjá, en endalaust og ógreinilegt birtuskin.

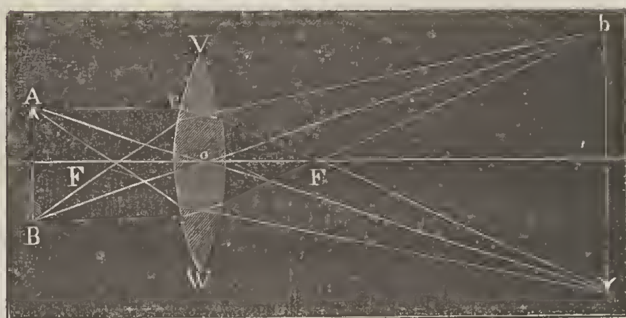
3. Þegar ljósið stendur fyrir utan brennivíddina, þá sèst raunar myndin, en er þá á hvolfi og hinumegin (á bak) við glerið. Stærð myndarinnar fer nú einnig eptir fjarlægð ljóssins frá glerinu. Því nær sem ljósið er brennistaðnum, því stærri er myndin, en því minni, sem það er lengra frá. Þegar ljósið stendur í hinum stærðafræðislega miðdepli, þá er hvorttveggja jafn-stórt, myndin og líkaminn. Gæti maður sett ljósið í endalausa fjarlægð við glerið, þá yrði mynd þess, eins og sólarinnar, í brennistað glersins.

Í 176. og 177. mynd er *VW* tvíkúpt gler (eldgler), *F* er brennistaður, en *o* ljósmiðja þess. *AB* er ör, sem í 176. myndinni stendur á milli glersins og brennistaðarins, en í 177. myndinni er hún fyrir utan brennivíddina. Myndirnar eru báðar

176. mynd.



177. mynd.



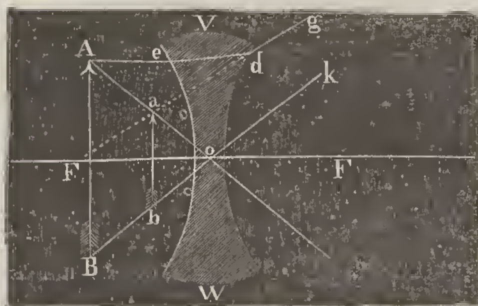
svo ljósar, að þær þurfa engrar skýríngar við, fremur en komin er. En með tilliti til geislabrotsgeislanna, sem í myndunum eru táknaðar með hvítum strikum, þá tökum vèr þessi tvö atriði fram, sem hèr segir: 1. Sèrhver sá ljósgeisli, sem gengur í gegnum ljósmiðju — í myndunum er hann hèr táknaður með strikinu *Ao* — fer óbrotinn í gegnum glerið, og 2. Allir þeir aðkastsgeislar, sem eru samhliða möndlinum — *Ae* til að mynda — lenda á apturkastinu í brennistað glersins. — Af þessu, sem nú hefir verið sagt, eru allar myndunarreglur líkamans í eldglerinu eða safnglerinu svo auðfundnar, að þær þurfa ekki meiri útskýríngar við. Sè *AB*

rètt í brennistaðnum, þá fara allir geislarnir frá *F*, eptir að þeir hafa brotnað, samhliða möndlinum, og allir geislarnir frá *A* samhliða aðalgeislanum *Ao*. Þegar svona stendur á verður því myndin af *AB* sama megin við glerið og *AB* er. Að endíngu hvetjum vèr lesendurna til að skýra þetta atriði fyrir sèr, bæði með því, að gjöra tilraunir með glerinu, og svo jafnframt með ymsum viðlíka myndum, og hèr eru við hafðar; geta þeir þá og jafnframt haft það í vakanda minni, sem áður hefir verið sagt og sýnt um safnskuggsjárnar, og borið störf þeirra saman við störf hinna tvíkúptu glera.

cc. TVÍSTURGLERIN.

Í staðinn fyrir tvíkúpta glerið tökum vèr nú tvíhvelft gler og horfum á loganda ljós í gegnum það. Koma þá allt aðrar myndir fram, en með tvíkúpta glerinu. Hvar sem ljósið er sett, hvort heldur það er fyrir innan eða utan brennivíddina, í hinn ímyndaða brennistað, í hinum stærðafræðislega miðdepli eða fyrir utan hann, þá sjáum vèr þó alltaf myndina upprètta fyrir innan brennivíddina, minni en líkamann og sama megin og hann við glerið. Kemur þetta mjög heim við það, sem áður reyndist um tvísturskuggsjána. Vèr skulum nú skýra þetta enn betur fyrir oss með 178. myndinni.

178. mynd.



VW er hið tvíhvelfda gler, en *FF* eru hinir ímynduðu brennistaðir þess; *o* er hinn stærðafræðislegi miðdepill, og *AB* er örin, sem *ab* er myndin af. Geislinn *Ao* brotnar ekki í glerinu, af því að fletir þess eru þar samhliða, eins og áður er sagt. *Ae* fer og, eptir það hann hefir brotnað, eptir þeirri stefnu, sem hann mundi hafa farið, ef hann hefði komið frá hin-

um ímyndaða brennistað F. Að lyktum tökum vèr þau tvö atriði fram:

1. þeir ljósgeislar, sem ekki fara í gegnum brennistaðinn á hinum hvolfdu glerum, vegna þess að þeir koma of fjarri miðju glersins á það, en skerast fjær eða nær glerinu, þeir mynda brennilínu. Til þess að þessi lína verði sjáanleg, þarf ekki annað en láta ljósið skína í gegnum hið hvelfda gler inn í stokk, fullan af reyk. þesskonar stokkur er og einkar góður til þess, að gjöra ýms önnur atvik við geislabrotið sjáanleg.

2. Á vissum vegi frá glerinu er hægt að ákveða, bæði hvað mikið hvelfda glerið mínkar og hvað mikið kúpta glerið stækkar. Til þess þarf ekki annað, en setja niður tvær stángir eða sköpt, hvort við hliðina á öðru, og með dálitlu millibili. Á sköptunum er sinn stigrimi á hvoru, eins á báðum, og standast öll strikin á. Maður stendur nú kippkorn frá staungunum og horfir með öðru auganu gegnum glerið á aðra staungina, en með hinu á hina, og aðgætir hvað marga mælikafla maður sèr með hvoru auga, innan þeirra strika, sem standast á efst og neðst. Vèr skulum skýra þetta fyrir oss með einu dæmi. Maður skyldi sjá 4 strik í glerinu og með bera auganu 2; þá væri stækkunin tvöföld.

Svo er nytsemi og notkun hinna krínglóttu eða kúlumynduðu skygndu glera mikil og fjölbrotin, að þau eru hinnar nákvæmustu athugunar verð. En áður en vèr förum að skýra það betur fyrir oss, verðum vèr bæði að athuga litina og tilbúnínginn á auga mannsins.

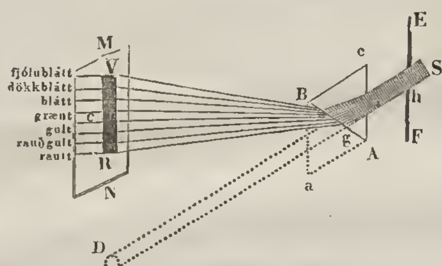
12.

LITIRNIR.

Hèr að framan erum vèr búnir að kynna oss hinar algengustu lögmálsgreinir geislabrotsfræðinnar, og vitum hvað fjölbreyttar myndir koma fram, bæði á hinum hvelfdu og kúptu, skygndu glerum. En vèr eigum enn eptir að athuga, hvernig þeim hornfleti er varið, sem hinn brotnaði ljósgeisli dreifir sèr um, og sem í hverjum depli breiddar sinnar skemtir auganu með nýjum og nýjum lit. Vèr skulum því nú snúa athygli vorri að þessu atriði, og þurfum vèr þá að hafa hèrumbil 5 eða 6 þumlúnga lángan glerstrendíng (*Prisma*) með 3 jafn-stórum hliðaflötum, er mynda 60 stiga horn sín á milli. þar að auki þurfum vèr og að hafa eitt safngler eða eldgler.

Í 179. myndinni er ætlað til að maður hafi herbergi nokkurt, sem engin birta kemst inn í, nema um eitt dálítið kringlótt gat *h*, sem gjört er á gluggahlerann *EF*. Sólargeislinn, sem kemur inn um þetta litla gat, lendir nú á veggnum *D*, sem er andspænis gatinu, og er mynd hans þar hvít, nokkurnveginn krínglótt og hèrumbil jöfn gatinu að þvermáli. Þetta er nú eins og hverjum manni verður að vera skiljanlegt, en ef vèr höldum nú glerstrendíngnum fyrir geislanum frá *S*, þá fer allt á aðra leið. Fyrst er það, að fyrir sakir geislabrotsins flytzt myndin frá *D*, svo hún lendir á töflunni *NM*. Þar að auki er og myndin aflaung, í stað þess að hún var áður kríngló́tt. Þó er breidd hennar ekki meiri en svarar hleragatinu *h*. En það sem mest er um vert, er það, að nú eru allt einir litir á myndinni, eins og sýnt er í myndinni með stigrimanum *VR*. Litaröðin er þessi: fjólublátt (rauðblátt), dökkblátt, blátt, grænt, gult, rauðgult og rautt. — Vèr skulum þegar gjöra aðra tilraun, og láta hina brotnu geisla falla á tvíkúpta glerið, hverfa þá allir litirnir aptur úr myndinni og hún verður hvít eins og áður, þegar hún var á veggnum *D*. Þannig hefir þá safnglerið eins og upphafið eða ónýtt störf strendíngsins, og er það eptirtektavert.

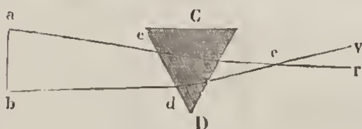
179. mynd.



Jafnvel þó að litamynd glerstrendíngsins sè fögur mjög og í alla staði mikillar eptirtektar verð, þá er það þó engu síður fagurt og skemtilegt að horfa á ymsa líkami í gegnum strendínginn, og sjá hvernig þeir prýðast þá hinum fegurstu litum og litabreytíngum. Litirnir verða því hreinni, sem sá líkami er bjartari, sem á er horft. Aldrei verða allir litirnir sama megin við líkamann. Til þess að þetta verði enn ljósara, skulum vèr ímynda oss, að í 180. myndinni væri *a b* annaðhvort gluggi eða veggur; *a* skyldi

vera hin efri og *b* hin neðri rönd eða jaðar hans. *CD* skyldi nú vera glerstrendíngur, sem þannig væri fyrir komið, að röðin *D* vissi niður. Geislinn frá efra jaðri gluggans er *ac*, og eptir að hann hefir brotnað í strendíngnum kemur hann að auganu eptir stefnunni *er*, og er hann þá rauður. Hinir litirnir lenda allir ofar eða neðar á svæðinu *rv*. *bd* er geislinn frá neðra jaðri gluggans, sem lendir á augann eptir stefnunni *ev* og er með fjólubláum lit.

180. mynd.



Kemur það nú fram, að litageislarnir, sem allir skerast í deplinum *e*, mynda þar hvítan depil, sem öðrumegin er fjólublár og blár, en öðrumegin gulur og rauður á lit. Með tilliti til litanna á ljósgeislanum skulum vèr setja þau atriði vandlega á oss, sem hèr verða tekin fram.

1. Hver sá litaður geisli, sem með einhverjum ráðum er látinn falla á einhvern annan strendíng, fer meira eða minna út af stefnu þeirri, sem hann hafði, en dreifist ekki framar út. Mest verður stefnuskekkja hins fjólubláa geisla, en minnst hins rauða. Til þess að þetta geti orðið manni nokkurnveginn skiljanlegt, þá má maður ekki gleyma, að það eru öll líkindi til, að litirnir komi af hinni mis-laungu veifíngadvöl ljósaldanna.

2. Hvíta köllum vèr þá líkami, sem kasta ljósinu frá sèr eins blönduðu og sólarljósið er vant að vera. Þar á móti köllum vèr þá líkami svarta, sem kasta svo litilli birtu frá sèr, að augað verður hennar varla vart. Allir aðrir líkamir greina ljósgeislana sundur á líkan hátt og glerstrendíngurinn, og kasta annaðhvort einum litargeisla frá sèr, eða einum helzt, eða þá nokkrum vissum saman. Af þessu kemur allur litur og litabreytíngar og munur sá, sem í því tilliti er á líkömunum, og einkennir þá hvern frá öðrum. Það er harla eptirtektavert, hvað litabreytíngin getur verið óendanlega fjölbreytt. Hver einstakur litur getur verið með ymsum breytíngum, t. a. m. eins og græni liturinn, sem er nærri því eins margbreyttur eins og grösin, sem hann skreytir, eru mörg.

3. Þá er og bæði fróðleikur og skemtan í, að athuga millumlitina, sem kallaðir eru. Þeir koma fram við ýmislega blöndun litageislanna, og þarf hèr ekki annara áhalda við, en safnglers,

glerstrendíngs og hlera með gati á. Litakríngla (*Farvetop*) *Busolts* er og einkar hentug við þessar tilraunir. Hún er búin til á þann hátt, að menn taka skopparakrínglu og líma á hana þrjá brèfmiða, rauðan, gulan og bláan, eða fjólubláan, grænan og rauðan. Þegar nú að krínglan er á sem allra harðastri ferð, þá kemur fram á henni hinn hvíti litur, eða hún sýnist þá vera hvít. Ef brèfin eru einúngis gul og blá, þá kemur hinn græni litur fram, og ef þau eru rauð og gul, þá verður liturinn rauðgulur. Með því nú að hinn græni litur kemur fram af gulum lit og bláum, og hinn hvíti af rauðum, gulum og bláum, þá er og hinn græni litur fyllíngarlitur*) (*Komplementar-Farve*) hins rauða litar; fjólubláminn er fyllíngarlitur hins gula, o. s. frv. Menn hafa stundum ætlað, að í sólarljósinu væru einúngis þrír litir, rauður, gulur og blár, en sú ætlan er varla rètt.

4. Vegna þess að nokkur litagreiníng er jafnan samfara geislabrotinu, þá leiðir þar af, að líkamirnir verða daufir, eða sjást í einskonar móðu í gegnum hin almennu sjónargler (skygndu gler). En nú geta menn þó ráðið bót á þessu með því, að tvennskonar gler er til: króngler og tinnugler, sem bæði gjöra viðlíka mikið geislabrot, en dreifa þar á móti litunum sitt með hvorjum hætti. Það má því búa þau sjónargler og strendínga til, sem varla hafa neinar litarandir, og eru því kölluð hin litalausu (*achromatiske*) sjónargler og strendíngar. Vèr ætlum nú ekki að minnast á nytsemi glera þessara að svo komnu, með því að það efni verður nokkuð gjörr athugað í 15. gr. hèr á eptir.

---

*) Fyllíngarlitir eru hverjir þeir tveir litir, sem hinn hvíti litur kemur fram af, og þegar menn segja, að einn viss litur fylli annan, til þess að hvítt komi fram, þá mætti það heita litarfylli̇ng þess er áður var. — Fyllíngarlitir eru:

rauður og grænn
rauðgulur og blár } og þar á víxl við.
gulur og fjólublár

Því meira sem rauði liturinn hefir í sèr af rauðgulu, því meira hneigist hið græna að bláu, o. s. frv. *B. G.*

13.

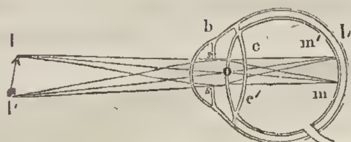
AUGA MANNSINS.

Vegna þess að augað er ætlað til þess, einsog að leiða hvern einstakan mann í öllum störfum hans og hreifíngum, þá hefir og skaparinn sett það á þann stað, sem það er á. Beinin umhverfis augnatóptina eru auganu til varnar, og þar að auki er svo um það búið, að það getur nákvæmlega látið að eða fylgt hreifíngum þráðvöðva nokkurra, sem á öðrum endanum eru fastir við augað, en á hinum inni í augnatóptinni. Í hinum ytra umbúníngi augnanna eru augnalokin og augnabrýrnar eins og nokkurskonar aðalatriði. Hárin á augnalokunum varna jafnvel hinu smágjörfasta dupti frá að komast inn í augað, og augnabrýrnar verja svitanum að renna ofan af enninu niður í augun. En vèr skulum nú fara að athuga sjónartólið eða augað sjálft. Vèr gjörum þá fyrst mun á hinu hvíta og svarta i hverju auga sem er. Hið hvíta er ógagnsær himna, sem engin birta fer í gegnum, en hið svarta, eða augasteinninn, er í miðju hvítunnar, og umhverfis hann liggur jafnan blár, grár, móranður eða gulleitur baugur. Það er kallað, að sá litur sè á auganu, sem er á baugi þessum. Ef manns-auganu væri skipt í sundur eptir möndli þess, eða beint út og inn eptir miðjunni, þá er hægt að sjá hina fyr nefndu 3 aðalparta í sárinu. (Til þessarar tilraunar má hafa auga úr nauti, hesti eða einhverju öðru dýri, og er það þá fyrst látið frjósa, áður en því er skipt í sundur, því annars verður skiptíngin torveld eða jafnvel ógjörandi). Hinn fremsti parturinn er kúphvelfdur og að utanverðu líkur sigurverksgleri (*Uhrglas*). Á bak við hann er hol kúla með gagnsæjum vökva í, sem kallaður er vatnsvökvi augans. Þar næst liggur kristallshimnan, og er hún efalaust aðalpartur augans. Hún er innan í gagnsæjum himnusekk, og er föst í sèr, gagnsæ og kúptari á þeirri hliðinni, sem inn veit í augað, en hinni, sem fram snýr. Kristallshimnan er annars lík eldgleri eða safngleri í laginu. Hinn þriðji aðalpartur augans fyllir nú það sem eptir er af holunni, og er það gagnsætt efni, líkt eggjahvítu eða bræddu gleri. Það er kallað glervökvi augans. Geislabrotsafl beggja þessara vökva er mjög áþekkt geislabrotsafli vatnsins. Utan um þessa 3 aðalparta augans liggja og 3 himnur: hin fremsta er hörð og hvít á lit, og er hún kölluð augna- eða hornhimna. Hún er gagnsæ og ekki ólík því, að hún væri úr skygndu horni. Á bak

við hana er æðahimnan, og er hún dökk á lit. Flestir halda, að hin þriðja himna sè einskonar taugahimna, og aðalaðsetur tilfinníngarinnar fyrir ljósinu, eða ljóssnámsins. Hún er ljósgrá og virðist að hafa upptök sín í sjónarvöðvanum. þessi himna er kölluð nethimna. Regnbogahimnan á bak við hornhimnuna er eins og framhald af æðahimnunni. Hún myndar baug þann, sem kallaður er augasteinn (*Pupille*) eða ljósshólf, og hefir þann eiginlegleika, að hún dregst sundur og saman eptir birtunni eða ljósmegninu, og eins og skamtar því á þann hátt af, svo að það geti aldrei borið augað ofurliða, eða ofboðið því.

þessu næst skulum vèr reyna til að gjöra oss grein fyrir störfum augans. Í 181. myndinni skyldi þá: 1. *ll'* vera lýstur eða lýsandi líkami, sem hvervetna kastaði geislum sínum út til allra hliða; — 2. hinar 3 línur frá *l*, og hinar aðrar 3 línur frá *l'*, skyldu vera ljóskeilur þær, sem færi í gegnum augasteininn inn í djúp augans. Af þeim fara línurnar *lm* og *l'm'* beina leið áfram í gegnum miðdepil kristalshimnunnar, og koma á nethimnuna í deplunum *m* og *m'*, en á milli þeirra er það, sem líkaminn myndar sig á himnu þessari. Hin önnur atvik við líkamsmyndunina í auganu eru auðskilin; geislarnir *ls* og *l's'* verða auðsjáanlega að brotna, af því að þeir koma skáhallt á kristallshimnuna. Af þessu koma þeir aptur saman við geislana *lm* og *l'm'* í deplunum *m* og *m'*. Vèr sjáum og, að myndin hlýtur nú að verða á hvolfi á nethimnunni og minni en líkaminn er, því hún verður að vera á milli deplanna *m* og *m'*. Að lyktum skulum vèr vandlega setja á oss nokkrar atriðisgreinir:

181. mynd.



1. það er hægt að reyna, að myndin á nethimnunni er í raun og veru á hvolfi. Til þess þarf ekki annað, en taka auga úr ný-dauðum manni eða einhverju öðru dýri, t. a. m. nauti, og þynna það svo mjög að aptanverðu, að það verði gagnsætt; sèr maður þá dálitla, glögga en öfuga mynd á nethimnu augans af þeim líkama, sem er fyrir framan hornhimnu þess. Myndin er með sömu litum og líkaminn, og verður því stærri eða minni, sem líkaminn er lengra eða skemmra burtu frá kristallshimnunni. — Vèr skulum gjöra aðra tilraun. Tökum vèr þá eitt spil og stíng-

um gat á það með nálaroddi. Síðan heldur maður því fyrir auga sèr á þann hátt, að maður sjái t. a. m. ljós í gegnum nálargatið, og bregður svo pennahnífi eða einhverju þesskonar á milli ljóssins og brèfsins. Kemur það þá fram, að manni sýnist pennahnífurinn fara gagnstætt við það, sem vèr vitum að hann fer, og er það vegna hinnar öfugu líkamsmyndunar, sem áður er á minnzt.

2. það er til sá staður í auganu, þar sem myndin felst sýninni. Til þess að gánga úr skugga um að þetta sè satt, þarf ekki annað, en draga upp tvo svarta depla á hvítt brèf; á hver depill að vera hèrumbil 1 lína að þvermáli, og $1\frac{1}{2}$ þumlúng hvor frá öðrum. Nú skal maður halda deplunum lárètt fyrir augum sèr, leggja hægra augað aptur, og horfa með vinstra auganu á þann depilinn, sem hægramegin er. Sèr maður þá, ef maður færir brèfið svo nærri auganu, að það er ei fjær því en 6 þumlúnga, að hinn vinstri depillinn hylzt fyrir manni, jafnvel þó að maður sjái hann ekki einúngis þegar hann er miklu fjær, heldur og töluvert nær sèr. Eptir athugunum manna um þetta, er depill þessi einmitt á þeim stað í auganu, sem sjónarvöðvinn kemur inn í það, og er enn ekki búinn að skipta sèr nógu vel.

3. Reynslan sýnir, að menn sjá hvorki þá líkami, sem eru mjög nærri, eða mjög fjærri auganu, og það er viss fjarlægð, sem hvert auga sèr líkamann glöggast á. þessi vegalengd er kölluð glöggsýnis-svæði, og er það 8 eða 10 þumlúnga lángt fyrir heilbrigt auga. Eptir því sem glöggsýnis-svæði mannsins er miklu meira eða minna en þetta, þá er auga hans meira eða minna gallað, og er þá maðurinn annaðhvort það sem kallað er fjærsýnn eða nærsýnn.

4. þegar maður ætlar að sjá einhvern líkama vel glöggt, þá verður maður að ætla svo til, að mynd hans lendi á nethimnu augans. Heilbrigð augu þurfa engra tóla við til þess. Eptir athugunum þeirra *Homes* og *Ramsdens* þarf ekki annað til þessa, en að hinir smáu vöðvar í auganu taki til starfa eða sè vaktir til starfa. Ef þeir eru til að mynda mjög þandir, þá verður hornhimnan enn kúptari við það, og eflist þá geislabrotið, svo að myndin kemst nær kristallshimnunni, en annars hefði orðið. Öðruvísi fer þegar þessir vöðvar eru látnir vera slakir, því þá verða ljóskeilurnar lengri, og myndin lendir þá enn dýpra inni í auganu, eða aptar. þetta er af því, að búngan á hornhimnunni verður því flatari, sem hinir smáu augnavöðvar eru slakari eða þenslu-

minni. Þegar maður vill því geta sèð þann líkama vel, sem ekki er 8 þumlúnga lángt frá auganu, þá er ekki annað, en að herða þessa augnavöðva sem allra bezt, og til þess að sjá það vel, sem mjög er lángt í burtu, verður maður aptur að slaka sem allra mest á þeim.

5. Sá sem vel vill geyma sjónar sinnar — og vèr efumst ekki um, að hennar vilji hver maður sem vandlegast geyma, þareð hún er eitthvert hið nytsamasta og ágætasta af öllum skilníngarvitunum — honum ber einkum að varast öll snöggleg umskipti myrkurs og birtu. Það er og óhollt mjög fyrir sjónina, að horfa á eldíngar í myrkri, og hafa menn stundum orðið blindir af því á einni svipstundu. Það er og engu síður skaðvænt fyrir sjónina: 1. að lesa eða skrifa í ljósaskiptunum kveld og morgna; — 2. að hafa slíkar ljósahlífar, sem gjöra myrkt til að mynda í efra hluta herbergisins, en bjart hið neðra, o. s. frv. Það er ekki ráðanda til, að hafa aðrar ljósahlífar en þær, sem eru gagnsæjar, eins og lampakúlur eru mest tíðkaðar nú á tímum. Það er hollt fyrir sjónina að gánga um græna velli og skóga; því það er, ef til vill, ekkert eins hollt fyrir augun, eins og gróandi blóm og grænkandi skógar. Vèr ætlum síðar að minnast á það, hvað ráðlegast þyki til bragðs að taka, þegar sjónin er skemmd orðin.

6. En hvernig stendur á því, að oss skuli ekki sýnast allir líkamir á hvolfi, þar sem þeir myndast þó svo í auganu? — Þessu er ekki torvelt að svara: Myndirnar eru í samsvarandi afstöðu, fjarlægð og legu sín á milli, við afstöðu, fjarlægð og legu líkamanna, svo að yfirborð hnattarins verður og eins að myndast á hvolfi í auganu, eins og líkamirnir, sem á því eru. En það má ekki ætla, að hinn skynjandi andi mannsins sè í nethimnunni, og athugi myndirnar þar. Vèr getum því ekki sèð, að neitt sè á hvolfi eða öfugt, nema því að eins, að það snúi öðruvísi en það annað, sem því er samkynja, t. a. m. ef sumir menn sýndist hafa þar höfuðið, sem aðrir hafa fæturna (gánga á höfðinu, eða snúa höfðinu að jörðinni). Þetta sannar og reynslan á hverjum degi og hverri stundu.

7. En hvernig stendur á því, að oss skuli ekki sýnast allir hlutir tvöfaldir (tveir í staðinn fyrir einn), þar sem vèr höfum þó tvö augu? — Það stendur svo á því, að vèr sjáum þá ekki líkamann nema einn, þegar möndlar beggja augnanna stefna rètt á hann, eða þegar augun eru þannig stillt í

höfðinu, að ljósgeislarnir frá líkamanum brotna á tveimur samsvarandi deplum á nethimnu beggja augnanna. Maður getur horft svo skáhallt á líkamann, eða gefið honum svo mikið hornauga, að hann sýnist tvöfaldur, af því að mynd hans lendir þá ekki á sama deplinum í báðum augunum. Á rángeygum mönnum lítur svo út, eins og að þessir deplar hafi aðra legu en hjá öðrum mönnum, því þeir verða að skekkja augun til þess að geta sèð með þeim.

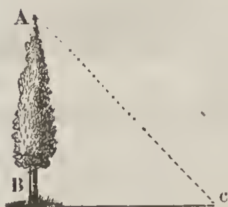
14.

SJÓNARHORNID EDA SJÁANLEG STÆRD LÍKAMANNA.

Því nær sem vèr erum staddir líkömunum, því stærri sýnast oss þeir. Þegar vèr sjáum skipið allra fyrst við hafsbrúnina, þá er það eins og dálítill depill, sem allt af stækkar því meira, sem það kemur nær oss. Svo er og um alla líkami aðra. Opt missum vèr líkamina öldúngis af sjónum vegna fjarlægðar þeirra. Með tilliti til þessa skulum vèr nú setja á oss nokkrar atriðisgreinir:

1. Vèr sjáum lengd og breidd sèrhvers líkama milli tveggja lína, sem koma frá hinum gagnstæðu jaðradeplum hans, og mynda þar horn sín á milli, er þær koma saman í auganu. Þetta horn er kallað sjónarhorn, eða hinn sjáanlegi þvermælir líkamans. — *A B* í 182. myndinni skyldi vera trè, og auga horfandans skyldi vera í deplinum *c*. Til þess að finna sjónarhornið þarf ekki annað, en ímynda sèr tvær beinar línur, aðra frá *A* en aðra frá *B*, sem báðar mættust í auganu *c*. Hornið *A c B* er þá sjónarhornið, sem að var leitað.

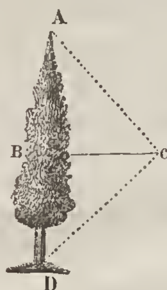
182. mynd.



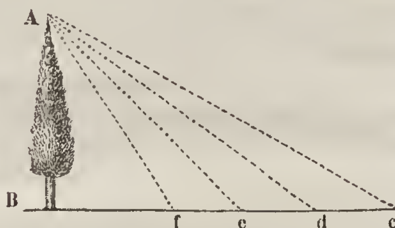
2. Þegar fjarlægðirnar eru jafnar, þá fer stærð sjónarhornsins eptir stærð líkamanna. — Ef *A B* í 183. myndinni fengi hæðina *A D*, þá yrði sjónarhornið ekki framar *A c B*, heldur

AcD. Væri nú *AB* og *AD* jafn-lángar línur, þá er auðsèð, að hlutföllin milli hornanna *AcB* og *AcD* yrði eins og hlutföllin milli 1 og 2.

183. mynd.



184. mynd.



3. Því lengra sem augað er í burtu frá líkamanum, því minna verður sjónarhornið, en því stærra, sem líkaminn er nær auga sjáandans. — Líkaminn skyldi vera *AB* í 184. myndinni, en fjarlægð hans frá auganu ýmist *Bf*, *Be*, *Bd* eða *Bc*. Er það þá fljótsèð, að hornið *AfB* er stærra en *AeB*, og það aptur stærra en *AdB*, sem þó er stærra en fjarlægasta sjónarhornið *AcB*.

4. Vegna þess að næmleiki nethimnunnar er ekki takmarkalaus, þá getur og sjónarhornið orðið svo lítið, að líkaminn verði ekki sèður eða greindur frá öðrum líkömum. Menn eru vanir að hætta þá að geta sèð líkamann, þegar sjónarhornið er ekki orðið stærra en 30 sekúndur, eða 120. partur af einu mælistigi (*Grad*).

5. Ekki er það einúngis komið undir stærð sjónarhornsins, hvort líkaminn er sjáanlegur eða ekki, heldur fer það og eptir hlutföllunum á milli birtu sjálfs líkamans og þess er hann ber (bakflatar hans, eða þess sem á bak við hann er). — Það má t. a. m. sjá hvítan líkama á svörtum bakfleti, þó að sjónarhorn hans sè ekki nema ein sekúnda á stærð. Eins getur og líkaminn verið ósjáanlegur, þó sjónarhornið sè miklu stærra, ef birta hans er mjög nærri því hin sama og bakflatarins. Þetta er hægt að reyna með því, að taka tvær svartar töflur og rita hvítan hríng á aðra en á aðra svartan, og horfa svo á þá álengdar.

það sem hèr hefir verið sagt um sjónarhornið, er eins og lykill að mörgu, sem oss ber einatt fyrir augu í náttúrunni. þannig sjást ekki t. a. m. horn og kambar á fjöllum, sem lángt eru í burtu, heldur sýnast þau öll slètt og jöfn utan. þèttur fjárhnappur sýnist álengdar eins og samfeld breiða, enda er og nafnið fjárbreiða víða haft um slíka hópa. Standi maður við enda á lángri húsaröð, þá sýnast þau því lægri, sem fjær dregur auganu. þetta kemur og fram á laungum ganngum, eikaröðum, o. s. frv.

6. Vèr tölum um stærð, legu, mynd og fjarlægð á öllum þeim líkömum, sem vèr verðum varir við með sjóninni, og miðum þetta við þá reynslu, sem vèr höfum um það frá blautu barnsbeini. — Vèr vitum t. a. m., að fullvaxinn maður er stærri en barnið, og að það er töluverður munur á gángi þeirra, limaburði, o. s. frv. þegar menn horfa ofan af einhverri mikilli hæð, þá sýnast fullvaxnir menn, sem þar eru neðan undir, ekki stærri en börn. Vèr sjáum og mun á lögun kúlu og teníngs, og vèr vitum hverjir líkamir eru fjær eða nær oss. Allt þetta vitum vèr af reynslu og vana, svo vèr erum eins og búnir að læra það utan að. — þeir menn, sem hafa verið fæddir blindir, og svo hafa fengið sjónina þegar þeir eltust (sem ekki er dæmalaust), hafa ekki undir eins getað aðgreint menn frá öðrum dýrum, hund frá ketti, hús frá trè, kúlu frá teníngi, o. s. frv. þeir hafa jafnvel fyrst framan af orðið að þreifa á líkömunum, til þess að geta fengið vissu fyrir því, sem þeir sáu, og það þó að myndir líkamanna væri svo glöggar, sem unnt er, á nethimnu augna þeirra. Eins veitir og þessum mönnum örðugt fyrst framan af að geta ákveðið, hvort einn líkami sè stærri en annar, eða minni. Lengi eru þeir og að komast á lag með að dæma rètt um fjarlægðir líkamanna. þeir hafa sjálfir sagt, að þeim fyndist ekki betur allra fyrst, er þeir fóru að sjá, en að þeir líkamir, sem næstir þeim væri, lægi allir í einum fleti, og það jafnvel á auganu sjálfu. En vèr ætlum nú að hverfa frá þessum dæmum, og snúa athugunum vorum að hinum algengu missýníngum. Ef tveir menn gánga beint hvor á móti öðrum á flatlendi, þá gildir einu hvað mikið þeir flýta sèr, því þeim sýnist þó fyrst lengi vel sá ekki færast nær, sem að kemur, helzt ef þetta er í ljósaskiptunum kveld eða morgun. Eins er og um skip, sem sigla eða róa hvort á móti öðru. Opt höldum vèr það vera dauðan líkama, sem vèr sjáum lángt frá oss, og sem síðar

reynist lifandi, dýr eða maður, þegar nær kemur. Þetta og annað eins er svo altítt, að vèr þykjumst ekki þurfa að færa fleiri dæmi til upp á slíkar missýníngar eða villusjónir.

En þess verðum vèr að geta, áður en vèr lúkum máli voru um sjónarhornið, að íþróttin notar það og til margskonar villínga. Þannig eru t. a. m. margir uppdrættir og myndir, sem sýnast vera líkaminn sjálfur, og hjálpa ekki all-lítið til þess, að margt sýnist öðruvísi, en það er í leikhúsum. Kveður svo ramt að þessum villíngum, að margur er sá, er varla getur trúað því, að þar sè villíngar við hafðar, þó hann viti að svo sè í raun og veru.

15.

TÓL NOKKUR, SEM EINKUM ERU BYGÐ Á EIGINLEGLEIKUM HINNA BOGNU GLERA.

a. GLERAUGU.

Mikils mundi nú fjöldi manna þykjast í missa, ef ekki væri til gleraugun, og það eru öll líkindi til þess, að fornþjóðunum, sem ekki höfðu neitt af þeim að segja, hafi þess vegna orðið mörg stundin döpur og leiðinleg, þegar menn kunnu ekki að hjálpa komandi sjóndepru við, eða hlífa veikri sjón, eins og vèr getum nú með þessu óbrotna og happasæla tóli. — Vèr skulum nú hafa hjá oss tvenn gleraugu, til þess að afla oss sem glöggastrar þekkíngar á þeim. Ef vèr þreifum á glerunum í þeim, þá finnum vèr að þau eru í öðrum kúpt en í öðrum hvelfd, og þannig verða þau og að vera. Veiðimenn og smalar, og allir þeir menn aðrir, sem mjög eru úti við, og vanir að beita sjóninni á fjarlæga líkami, verða opt fjærsýnir og geta ekki sèð á bók eða nærri sèr, nema með gleraugum. Verða þeim þá helzt að notum þau gleraugu, sem kúpt gler eru í. Þar á móti hafa nærsýnir menn ekki gagn af öðrum, en þeim gleraugum, sem glerin í eru hvelfd, og er þeim laungum mikill fögnuður í að geta tekið til þeirra, og sèð það, sem þeir sáu ekki áður vegna fjarlægðar. — En hvernig er þessu nú varið?

Á hinum nærsýna manni er kristallshimnan vön að vera mikils til of kúpt, svo að hann sèr ekki annað en það eitt, sem mjög er nærri honum, vegna þess, að geislabrotið verður þá svo mikið, að myndin lendir framar í auganu, en á nethimnunni. Þvert á móti er þetta á fjærsýnum mönnum; þar er geislabrotið

of lítið, svo að myndin lendir á bak við nethimnuna. Þegar vèr nú athugum það, að hið kúpta sjónargler bæði stækkar myndina, og flytur hana lengra áfram, og að hið hvelfda gler þar á móti bæði mínkar myndina og færir hana nær, þá sjáum vèr og, hvaða gagn hin kúptu gleraugu hljóta að vinna þeim, sem fjærsýnn er, og hin hvelfdu aptur hinum, sem nærsýnn er. En það fer samt eptir glöggsýnisfjærð augans, hvort þau eða þau gleraugu eru því til nota eða ekki. Gleraugnasmiðurinn býr gleraugun til eptir tölum, sem segja til brennivíddar glersins.

En mjög þarf hinn sjóndapri maður að fara varlega að hafa gleraugu; einkum verður hann að varast alla fljótfærni í valinu. Umfram allt ber honum að sneiða hjá öllum mjög hvössum gleraugum. Það er nóg að maður sjái nokkuð betur með gleraugunum, en berum augum. Mikið er og undir því komið, að glerin sè vönduð, vel skær og vel skygnd. Hin svo kölluðu kríngsjár- eða mánagleraugu (*periskopiske*) skyldu og allir varast. Eins skyldu menn og varast hin grænu gleraugu, því þau eru optast nær ónýt. En nú er að minnast á sjónvarnargleraugun (*Konservations-Briller*). Þau eru í raun og veru ekki til, en nafnið hafa gleraugnasmiðirnir búið til, til þess að gjöra varníng sinn útgengilegri með því. Sjónvarnargleraugun eru sjaldan til annars, en spilla góðri sjón, og eru þau einhver hinn ljósasti vottur þess, hvað menn geta haft miklar ímyndanir um vizku sína og snilli. Starblindugleraugu eru þau gleraugu kölluð, sem ætluð eru þeim mönnum, sem eru að verða, eða hafa verið starblindir; í þeim eru glerin ákaflega kúpt.

b. STÆKKUNARGLER.

Ef vèr tökum eitt hveitikorn eða dupt af fiðrildisvæng, eða eitthvað þesskonar, þá sjáum vèr það varla með beru auga á 10 þumlúnga fjarlægð. Þetta kemur af því, hvað sjónarhornið er lítið, og ef vèr flytjum það nær auganu, þá sýnist það raunar stærra, en er þó ekki glöggt, sem ekki er von, því mynd líkamans verður því daufari á nethimnunni, sem líkaminn kemur nær auganu, en glöggsýnismarkið er. Nú tökum vèr þá kúpt gler og berum það fyrir augað: þá sjáum vèr hinn litla líkama svo glöggt, að það er furðanlegt, og það þó hann sè ekki lengra frá auganu en 1 eða 2 þumlúnga, eða jafnvel skemmra. Vèr skulum nú setja það á oss:

1. þau safngler, sem hafa 3, 2 eða $1\frac{1}{2}$ þumlúngs brennivídd, eru menn vanir að kalla sjónauka (*Loup*) eða stækkunargler, og þau, sem hafa enn minni brennivídd, kalla menn einfalda sjónauka eða stækkunargler (*enkelt Mikroskop*). Sjónaukarnir eru komnir undir þeim eiginlegleika hinna kúptu sjónarglera, sem vèr höfum áður minnzt á: að þau taka stækkaða mynd, upprètta, af þeim líkama, sem ekki er fyrir utan brennivídd þeirra, og sýna hana á vissri vegalengd, eða á vissri fjarlægð.

2. Til þess að vita hvað mikið hið kúpta sjónargler stækkar, þarf maður bæði að vita brennivídd glersins og glöggsýnismark augans. Ef augað t. a. m. sèr smáa líkami vel á 10 þumlúnga vegi, þá stækkar safngler það, sem hefir eins þumlúngs brennivídd, þverlínuna 10 sinnum, flötinn $10 \times 10 = 100$ sinnum, og líkamann $10 \times 10 \times 10 = 1000$ sinnum. Hin almenna regla, til þess að finna hvað mikið safnglerið stækkar þverlínu líkamans, er sú, að skipta 10 þumlúngum (þ. e. glöggsýnisvíddinni) með þumlúngatölu brennivíddarinnar á safnglerinu. Sá sem er nærsýnn sèr það raunar, að sjónaukinn stækkar líkamann, en þó sýnist honum stækkunin ekki eins mikil og öðrum, vegna þess að hann þarf að hafa líkamann nær auganu, þegar hann skoðar hann með beru auga.

3. Hinn samsetti sjónauki stækkar miklu meira en hinn einfaldi, eða ósamsetti. Menn eru vanir að hafa 3 kúpt gler skygnd í sjónauka þenna, og setja þau innan í pípu nokkra, sem snýr þverbeint upp og ofan. Neðsta glerið, sem næst er líkamanum, kalla menn viðtökugler (*Objektivglas*), en hið efsta, sem næst er auganu, augnagler (*Okularglas*). Miðglerið er helzt ætlað til þess, að stækka sjónarsviðið (*Synsmark*), og gjöra hina lituðu mynd í viðtökuglerinu hvíta; þetta gler kalla menn safngler (*Kollektivglas*). Brennivídd viðtökuglersins er í þessu tóli aldrei höfð meiri en $\frac{1}{2}$ þumlúngs, og liggur líkaminn optast nær dálítið fyrir utan hana. Í slíkum sjónauka sem þessi er láta menn aldrei myndina ná sèr í viðtökuglerinu, heldur er hún eins og tekin upp með safnglerinu, sem vant er að hafa 3 þumlúnga brennivídd. Myndin kemur þess vegna fyrst fram á bak við safnglerið, og er þá skoðuð í gegnum augnaglerið, eins og hvert annað einfalt stækkunargler. Augnaglerið er vant að hafa eins þumlúngs brennivídd.

4. Menn eru vanir að leggja þann líkama, sem skoða á, í hinum samsetta sjónauka, milli tveggja gagnsærra flaga, eða á þunnt gler skygnt. Stundum halda menn og smáum lifandi pöddum og öðru þesskonar í taungum, sem til þess eru gjörðar og mjög nákvæmar og litlar. Vilji maður skoða, t. a. m. blikdýrin í vatninu, sem ekki sjást með beru auga, þá er vatnið annaðhvort látið í dálítinn gagnsæjan glerbolla, eða í ofurlitla glerpípu.

5. Mjög þykir sá sjónauki góður, sem *Lieberkühn* bjó til árið 1738, og sem kallaður er sólar-sjónauki (*Solmikroskop*). Í honum er 1. nokkurra þumlúnga laung og $1\frac{1}{2}$ þumlúnga víð pípa sett í hlera á glugga í myrku-herbergi; 2. utanvert við pípuna er á hleranum skuggsjá, sem hreifð verður til og frá. Með þessari skuggsjá eru sólargeislarnir teknir upp og stefnt þverbeint inn í pípuna. 3. Í pípuopinu, sem út snýr, er kúpt gler, og verður brennivídd þess að vera í meira lagi. 4. Í innri enda pípunnar er dálítið stækkunargler, en á bak við það, og fyrir utan brennivídd þess er sá líkami, sem stækka skal. Myndin verður nú á hvolfi, og því eru menn vanir að láta líkamann í þessum sjónauka vera á hvolfi, því þá verður myndin rètt. Þegar vèr erum búnir að athuga töfrakoluna, sem hèr verður talað um næst á eptir, þá mun og hugmynd vor um sólarsjónaukann verða nokkuð gleggri. Annars er töluvert vandhæfi á meðferð sólar-sjónaukans, og kemur það af hreifíngu þeirri, sem oss virðist vera á sólinni.

6. Menn eru nú farnir að nota kalkljós *Drummonds* bæði við sjónauka, vitaturna og markelda í staðinn fyrir sólarljósið. Kalkljósið fæst við það, er glóandi kalk er látið í straum af súrefnis og vatnsefnislopti; en nákvæmari skýríng á ljósi þessu og tilbúníngi þess á hèr ekki við.

c. TÖFRAKOLAN (*TRYLLELATERNE*).

Fyrst er hèr stokkur úr pjátri, sem engin önnur göt eru á, en þau ein, sem ætluð eru til þess að loptið geti streymt í gegnum hann, og er stokkurinn ekki ósvipaður ljósbera á að sjá. Út úr öðrum gaflinum á stokknum er opin pípa, 3 þumlúnga laung. Innan í þessari pípu er önnur pípa, sem færa má út og inn eptir hinni víðari pípu, og þar að auki er sitt kúpt gler í hvorri þeirra. Innan í stokknum er: 1. dálítil hvelfd skuggsjá, sem stendur rètt

við heila gaflinn í stokknum, og 2. stendur lampi fyrir framan hinn skygnda flöt hennar í brennistað skuggsjárinnar. Lampinn á að bera svo góða birtu sem unnt er. Hèr að auki fylgja og tóli þessu margar myndir, sem flestallar eru vanar að vera af mönnum eða dýrum. Seinna í lýsíngu tóls þessa munu lesendur vorir sjá, bæði hvers vegna að slíkar myndir eru hèr helzt við hafðar, og svo hvers vegna að þær eru dregnar upp á glerflögur með gagnsæjum litum.

Vèr tökum nú eina glerflöguna og skjótum henni á endann inn í lárètta þvergatið, sem er á hinni föstu pípu við pjáturstokkinn. Síðan kveikjum vèr á lampanum og leggjum stokkinn aptur. Herbergið, sem í er verið, verður að vera öldúngis myrkt, og bilið milli hinna kúptu glera í pípunum mátulega lángt, til þess að myndin verði sem glöggust. Pípuopinu er stefnt á hvítan vegg slèttan, og þar kemur myndin á.

En hvernig stendur nú á myndinni á veggnum? — Hvelfda skuggsjáin er einúngis til þess að auka birtuna og kasta henni á myndina á glerinu. Sjónarglerin hafa hèr líkan starfa og áður var minnzt á við sjónaukana.

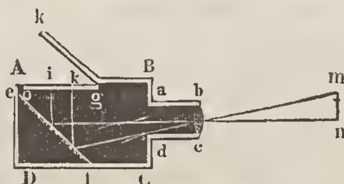
Ef veggurinn er tjaldaður með mússulíni (*Mousselin*) og myndirnar látnar lenda á þeim, þá sjást þær báðumegin við voðina. Í staðinn fyrir mússulín má og hafa þunnt lèrept. Af því að litirnir, sem myndirnar eru dregnar upp með á glerin, eru gagnsæir, þá verða og myndirnar á veggnum með litum. Til þess að myndirnar verði hvítar, þá eru glerin lituð svört og myndirnar síðan grafnar í svarta litinn, svo að glerið verði hreint í myndinni. Vilji maður nú geta látið myndirnar fara beint upp og ofan, þá er ekki annað en að haga svo til, að glerin verði hreifð upp og ofan fyrir pípunni. Stærð myndanna á veggnum fer eptir því, hvað menn halda töfrakolunni nærri honum eða fjærri, sýnist þá áhorfendunum þær vera stundum nær sèr en stundum. Sjónhverfíngar þær, sem gjöra má með tóli þessu, eru bæði svo hægar og vandalausar, og svo skemtilegar og skrýtnar, að vèr gætum ekki láð lesendum vorum, þó þá fýsti að sjá þær, ef kostur er á.

d. MYRKURHÚSIÐ (*CAMERA OBSCURA*).

Vèr höfum hèr að framan nokkrum sinnum orðið að hafa myrkt herbergi við tilraunir vorar. Nú skulum vèr og hafa myrkt

herbergi nokkurt við athuganir þær, sem hèr skal gjöra, þó það sè ekki eins stórt og þau, sem áður hefir verið minnzt á, því. það er einúngis ferhyrndur trèstokkur, *ABCD* í 185. myndinni. Á stokki þessum gengur pípan *abcd* út úr miðjum gaflinum *BC*, og er það hið eina gat, sem á honum er. Í pípunni er kúpta sjónarglerið *bc*. Ofan á stokknum er lok á hjörum, sem í myndinni er táknað með *kg*, og þegar því er lokið upp, þá verður flata skuggsjáin *ef* þar fyrst fyrir auga manns. Skuggsjáin myndar 45 stiga horn við stokkbotninn, og verður það síðar ljóst, hvað hún og fyrirkomulag hennar í stokknum er mikils áríðanda. Yfir opinu, sem er undir lokinu *kg*, er daufskygnda glerið *og*, og verður nytsemi þess einnig sýnd hèr á eptir.

185. mynd.



Pípunni *abcd* er nú stefnt á einhvern vel bjartan líkama, t. a. m. gluggann *mn*, sem sólin skín á. Mynd gluggans kemur þá undir eins mínkuð og öfug fram á daufskygnda glerinu *og*, og það einmitt á blettinum *ik*. Svona fer og um hvern annan líkama, sem vèr stefnum pípunni á, hvort sem það er hús eða fjall, eða skógur, eða hvað sem heita hefir, að það kemur lifandi eptirmynd þess á glerið, og er það einkar eptirtektavert. Þó er mest gaman að sjá hèr myndir af mönnum og dýrum, því hreifíngarnar sjást allar á myndinni. Þetta er svo fagurt og skemtilegt, að sá, sem sèr það í fyrsta sinni, mun ekki geta dulið undran sína yfir því. Með tilliti til þessa skulum vèr nú setja á oss nokkrar atriðisgreinir:

1. Þessi stokkur, sem hèr hefir verið lýst, er kallaður hið myrka herbergi eða myrkurhúsið. — Höfundur tóls þessa er náttúrufræðíngurinn *Porta*, sem uppi var um miðja 16. öld. En ekki er myrkurhúsið ætíð eins lagað, eins og hèr er gjört ráð fyrir í myndinni. Þannig er t. a. m. á sumum þeirra haft þunnt brèf, hvítt, í staðinn fyrir glerflöguna *og*.

2. Ef að myndin á glerflögunni eða brèfinu á að verða vel glögg, þá verður kúpta glerið *bc* að vera sett á þann hátt í pípuopið, að brennistaður þess lendi í skuggsjánni. — Með þessum einum hætti geta þeir

geislar aptur sameinast í einum depli, sem koma frá sama depli í líkamanum, og brotna í glerinu *bc*. Hinn áður nefndi 45 stiga halli skuggsjárinnar er auðsjáanlega nauðsynlegur til þess, að apturkastsgeislarnir fari þverbeint upp, eins og þeir eiga að gjöra. Lesendurnir geta sjálfir ímyndað sèr, hvaða stefnu þeir mundi annars taka, ef skuggsjánni væri einhvernveginn öðruvísi komið fyrir.

3. Myndin verður öfug á glerflögunni *og*. — Það er auðskilið hvernig á því stendur, af því, sem hèr hefir verið sagt að framan. En til þess, að myndin verði rètt, þarf ekki annað, en setja aðra skuggsjá úr málmi fyrir framan sjónarglerið *bc*, og haga svo til, að hún flytji geislana frá líkamanum inn í flötu skuggsjána í stokknum.

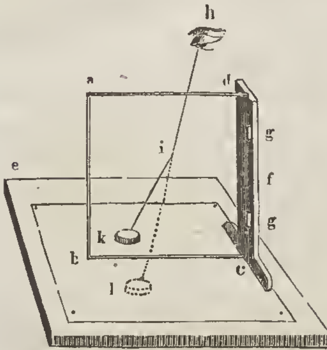
4. Myrkurhúsið er ekki einúngis til gamans, heldur og til gagns. — Það má nota það til þess, að draga upp myndir bæði af einstökum líkömum og fleirum saman. En þess ber að gæta við alla slíka uppdrætti, að strikin eða drættirnir mega ekki vera eins hvassir eins og myndin er á glerflögunni, vegna þess, að: 1. er sú mynd miklu hvassari eða skýrari en mynd sú, sem augað tekur upp af líkamanum, og 2. á uppdrátturinn að vera eins og mynd líkamans er á nethimnu augans, og þess vegna ekki í slèttum fleti, heldur kúlumynduðum.

5. Tól þetta hefir einkum fengið mikla þýðíngu á seinni tímum, eptir að Frakklendíngurinn *Daguerre* uppgötvaði þá hina undrunarverðu list, að geta tekið með því glöggar og varanlegar ljósmyndir af hverjum líkama, sem vera skyldi. — En þessi list er svo mörgum vandkvæðum bundin, og aðferðin við hana svo margbrotin, að vèr þorum ekki að ráðast í að lýsa henni.

6. Náskylt og svipað myrkurhúsinu er annað tól, sem kallað er birtuhúsið (*camera clara* og *camera lucida*). — Ef myndin í myrkurhúsinu er ekki látin nema staðar á glerflögunni *og*, heldur í þess stað athuguð í gegnum stækkunargler, þá kalla sumir það bjart herbergi (*camera clara*). En aðrir kalla þar á móti það tól bjart herbergi eða birtuhús (*camera lucida*), sem Englendíngurinn *Wollaston* er höfundur að og sem er einkar hentugt við allskonar landslags-uppdrætti. En það er þá rángmæli að kalla það tól „herbergi", eins og 186. myndin sýnir.

e er uppdráttaborð (*Tegnebræt*), *a b c d* er gagnsæ og þunn glertafla ferhyrnd, sem stendur þverbeint á borðinu *e*; *f* er dálítill trèstólpi eða uppstandari með grópi í, og fellur röndin á glertöflunni inn í það; *g g* eru fleigar tveir í uppstandaranum, sem ætlaðir eru til þess að halda glertöflunni vel fastri. *k* er sá staður á borðinu, sem líkaminn er látinn liggja á, meðan hann er dreginn upp. (það er aðgætanda, að vèr lýsum tóli þessu eins og það er haft til þess að draga upp myndir af ymsum smáum líkömum, t. a. m. blómum, fiðrildum, o. s. frv.). þegar nota skal tól

186. mynd.



þetta, á uppstandarinn að vera beint fram undan uppdráttamanninum, en líkaminn er lagður á borðið vinstramegin við glerið, hèrumbil í depilinn *k*. Augastaðurinn er *h*, og á það að horfa í gegnum depilinn *i*, sem er nærri því í miðri glertöflunni. Er þá myndin af líkamanum dregin upp, eins og hún sýnist vera á brèfinu hjá deplinum *l* (því líkaminn myndar sig þar sjálfur fyrir auganu, þegar svo er um búið og eins horft, eins og nú hefir verið sagt). Uppstandarinn *f* stendur á dálitlum fæti, og getur maður því sett þetta óbrotna verkfæri til hverrar hliðar sem manni líkar bezt, og hentugast er í hvert skipti.

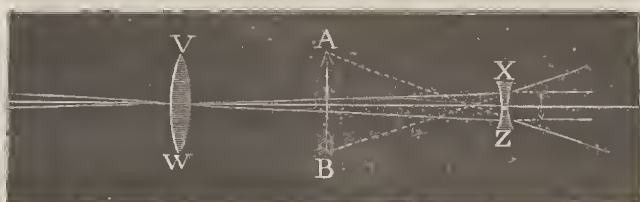
e. SJÓNPÍPUR (*KIKKERT*).

Sjónaukinn er til þess að stækka sjónarhorn smárra líkama, sem ekki verða sèðir glöggt með beru auga, en eru þó nærri manni. Sjónpípurnar eru þar á móti til þess að geta sèð þá líkami, sem fjærri manni eru, annaðhvort í lopti uppi eða á jörðu niðri. Sjónpípur eru tvennskonar, annaðhvort með skuggsjám í eða skuggsjárlausar. þær fyrnefndu kalla menn skuggsjár- eða apturkasts-sjónpípur, en hinar geislabrots-sjónpípur (*Refraktorer* og *Reflektorer*), og skulum vèr nú athuga nokkrar hinar helztu beggja þeirra.

aa. Hollenzka sjónpípan.

Hollenzka sjónpípan, sem öðru nafni er kölluð Galíleís sjónpípa, er einúngis með tveimur glerum í: tvíkúptu viðtökugleri og tvíhvelfdu augnagleri. Glerin eru sitt í hvorum enda pípunnar og með því millibili, að brennistaður hins kúpta glers lendir í tvísturdepli hvelfda glersins. En vegna þess, að ýms atvik geta þau fyrir komið, að það þyki bagi að því, ef þessu bili milli gleranna verður ekki breytt, þá eru sjónpípnasmiðirnir vanir að hafa pípuna í mörgum pörtum, sem draga megi sundur og saman eptir þörfum. 187. myndin sýnir hvernig þessi sjónpípa er. *VW* er hið tvíkúpta viðtökugler, og *XZ* hið tvíhvelfda augnagler. *ba* er hin öfuga mynd hins fjarlæga líkama (og sèst hún ekki hèr í uppdrættinum).

187. mynd.



En áður en að þeir geislar, sem koma frá mjög fjarlægum líkama og kastast á viðtökuglerið, geta sameinað sig í mynd, þá tekur hið hvelfda glerið *XZ* við þeim, og þar brotna þeir þá í annað sinn. Störf hins áminnzta glers *XZ* eru í fám orðum þessi: 1. Geislarnir, sem stefna á *a*, dreifast eins, eptir að þeir hafa brotnað að nýju í glerinu *XZ*, eins og þeir kæmu frá deplinum *A*; — 2. Eins brotna og tvístrast og þeir geislar, sem fara að *b*, eins og þeir kæmu frá *B*. Þetta verður og svona að vera, þegar brennistaður kúpta glersins fellur saman við tvísturdepil hvolfda glersins, eins og áður er gjört ráð fyrir. Þegar maður þess vegna horfir í þessa sjónpípu, þá sèr maður hina stækkuðu og upprèttu mynd *AB* í staðinn fyrir hina öfugu og litlu mynd *ab*.

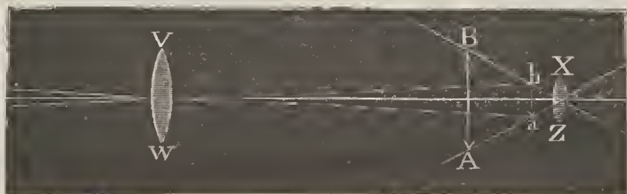
En sjónarsvið þessarar sjónpípu er fremur lítið, og er því nú á tímum einúngis þá notað, þegar þreföld eða ferföld stækkan þykir nóg. *Galilei* bjó þessa sjónpípu til í apríl- eða maímánuði 1609, og er hún því við hann kennd síðan, af því að hann er höfundur hennar. Leikhús-sjónpípurnar, sem kallaðar eru,

eru, eru ekki annað en Galíleís-sjónpípur, og er augnagler þeirra býsna stórt að þvermáli og sjónarsviðið hæfilega mikið til þess, að sjá líkamina á ekki lengra vegi.

bb. Keplers- eða stjörnu-sjónpípan.

Keplers-sjónpípan er og lík hinni fyr nefndu í því, að glerin eru ekki nema tvö í henni. En augnaglerið í Keplers-sjónpípu er ekki tvísturgler, heldur safngler. Þetta er sýnt í 188. myndinni, og er *VW* viðtökuglerið, en *XZ* augnaglerið.

188. mynd.



Brennistaðir beggja gleranna eru í sömu beinu línunni. *ba* er hin litla öfuga mynd, en *BA* er hin stækkaða eptirmynd hennar, og sú mynd hins fjarlæga líkama, sem augað sèr. Sjónarsvið þessarar pípu er mikið og geislarnir deyfast mjög lítið í henni. Þess vegna er hún og mjög kærkomin öllum þeim mönnum, sem mikið fást við athuganir himinhnattanna.

cc. Jarðsjónpípan.

Í öllum þeim sjónpípum, sem ætlaðar eru til þess að skoða með þá líkami, sem á jörðinni eru, og sem þess vegna eru kallaðar jarð-sjónpípur, er það mjög áríðanda, að sú myndin, sem næst er auganu, sè rètt (þ. e. snúi eins og líkaminn, sem hún er af). Vèr skulum því athuga, hvernig slíkar sjónpípur þurfa að vera búnar til.

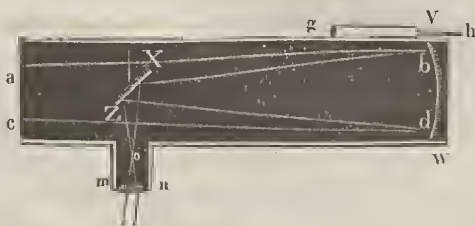
Jarð-sjónpípur eru vanar að vera 24 þumlúnga lángar. Í hinum fremsta pípulið eru optast nær höfð 3 stækkunargler, sem aldrei færast úr þeim skorðum, sem þau eru í sett í öndverðu. Brennistaður hins innsta glersins fellur saman við brennistað miðglersins, og brennistaðir miðglersins og fremsta glersins (augnaglersins) lenda og í sama deplinum báðir. Öll þessi 3 gler eru kölluð augnagler. En nú er viðtökuglerið hèr að auki, og

er brennivídd þess töluvert stærri, en hinna. Menn geta fært viðtökuglerið nær eða fjær hinum 3 stækkunarglerum, eptir því sem hverjum hagar bezt. Viðtökuglerið tekur nú öfuga mynd af líkamanum, sem á er horft. En þau tvö augnaglerin, sem næst eru auganu, snúa myndinni við aptur, svo þá er hún orðin rètt. Hið þriðja eða innsta augnaglerið stækkar nú myndina, eins og hið einfalda augnagler í Galíleís-sjónpípunni gjörir. Hèr ber þess að gæta: 1. að myndin, sem viðtökuglerið tekur af líkamanum, lendir rètt við fremsta augnaglerið og fyrir innan brennivídd þess; — 2. að hið áminnzta augnagler tekur við geislum myndarinnar, og kastar þeim aptur frá sèr eptir samstefnuleiðum (þ. e. á þann hátt, að stefnur þeirra nálgast hver aðra); og — 3. að þessir geislar lenda fyrri á því augnaglerinu, sem í miðið er, en þeir geta sameinast. En þetta gler safnar þá saman öllum þeim geislum, sem koma frá sama depli í myndinni, á einn stað. Hèr kemur fram ný eptirmynd hinnar fyrri myndar og öfug við hana, en rètt eptir líkamanum, og þetta er myndin, sem augað sèr.

dd. SJÓNPÍPA NEWTONS.

Skuggsjár-sjónpípurnar eru þrennskonar og er hver tegund þeirra kennd við höfund sinn (*Newton*, *Cassegrain* og *Gregory*). Í þessum sjónpípum er hin hvelfda skuggsjá höfð í staðinn fyrir viðtökugler. Vèr skulum hèr einúngis athuga þá skuggsjár-sjónpípuna, sem *Newton* er höfundur að, og sem við hann er kennd. 189. myndin er uppdráttur af henni. *VW* er hvelfd skuggsjá úr málmi, og er hún yzt í enda pípunnar. *XZ* er flöt skuggsjá úr málmi, og myndar hún 45 stiga halla við möndul pípunnar. Hún er fyrir innan brennivídd hvelfdu skuggsjárinnar *VW*. *mn* er kúpt sjónargler, og er það í opinu á annari stuttri pípu, sem gengur þverbeint inn í hliðina á aðalpípunni. — *gh* er dálítil sjónpípa, sem höfð er

189. mynd.



til þess að geta miðað aðalpípunni rètt á líkama þann, er athuga skal. — *ab* og *cd* skyldu vera tveir geislar frá fjarlægum stöðum, sem lentu á skuggsjánni *VW*, og köstuðust þannig burtu aptur frá henni, að þeir lentu í hinni skuggsjánni *XZ* nokkru áður, en þeir gætu sameinast. Þaðan yrðu þeir þá aptur að hrökkva burtu og skerast í deplinum *o*. Glerið *mn* tekur nú við þeim og flytur þá hvern öðrum samhliða inn í augað, svo að nú kemur fram glögg mynd af líkamanum, á sama hátt og með stjörnu-sjónpípunni.

Í sjónpípum þeirra *Cassegrains* og *Gregorys* er hin hvelfda skuggsjáin með gati á. En vèr hirðum ekki um að fara að lýsa þeim, og tökum þar á móti fram nokkrar atriðisgreinir um sjónpípurnar.

1. Vegna þess að gæði sjónpípunnar fara eptir brennivídd viðtöku- og augnagleranna, þá lítur svo út, einsog maður geti látið stækkunina verða svo mikla sem vill. En þetta er ekki svo. Vèr ætlum einúngis að nefna þá tálmun, sem jafnan stendur fyrir tilbúníngi mjög stórra stækkunarglera, en hún er sú, að með stækkuninni vex og daufleiki myndarinnar, eða: myndin verður því óglöggari, sem stækkunarglerið gjörir hana stærri.

2. Vilji maður leita að mjög smáum og dauflýstum líkömum á himninum, þá þarf sjónpípan bæði að stækka vel og vera glögg. En nú verður myndin því glöggari, sem geislarnir sameinast betur í hverjum depli hennar, eða því stærra, sem viðtökuglerið er í geislabrots-sjonpípunum, og hin hvelfda skuggsjá í apturkasts-sjónpípunum. *Frauenhofer* bjó til sjónpípu þá í Berlinni, sem viðtökuglerið í var 9 þumlúnga að þvermáli. Skuggsjársjónpípa *Herschels* er bæði hin stærsta og bezta, sem enn hefir verið búin til. Hún var 40 feta laung, og áður en t. a. m. hundastjarnan (*Sirius*) kom inn á sjónarsvæði hennar, sá *Herschel* roða fyrir henni, eins og sólu, og varð roðinn allt af bjartari og bjartari, þángað til að stjarnan sjálf kom blikandi og fögur, og sýndist þá svo björt, að hinn undrunarfulli höfundur tóls þessa þoldi ekki að sjá í gegn henni, og varð frá að hverfa. — Þegar vèr mælum fjarlægð hinna yztu himinhnatta, sem maður getur sèð eða greint í slíkri sjónpípu og þessari, þá þarf ljósið hèrumbil 7000 ára til þess að komast frá þeim og til vor. En það er hèrumbil 500,000 ára vegur fyrir ljósið að fara til vor frá þeim hnöttum, sem svo

eru lángt burtu, að þeir verða ekki sènir í neinum sjónpípum. — Hvílík endaleysa, hvílíkur geimur!

16.

SPURNÍNGAR TIL AÐ RIFJA UPP EPTIR.

Hverjar voru ætlanir manna á fyrri öldum um það, hvernig á ljósinu stæði? Og hverjar eru ætlanir seinni alda manna um það? — Hvaða líkamir eru kallaðir lýsandi? dimmir? lýstir? Hvaða líkamir eru kallaðir ljósberar (ljósdrekkur, ljóssegull)? Hvað sögðum vèr um samband eða hlutföll ljóss og hita? Hvernig er aðallögmálið fyrir útbreiðslu hitans? Hvernig förum vèr að komast eptir því? — Hverjar eru hinar helztu breytíngar, sem ljósið verður að þola á leið sinni? Hvað er hraði ljóssins mikill? Hvernig er hann í samanburði við hraða fallbyssukúlunnar? hljóðsins? rásarhraða jarðarinnar í kríngum sólina? Hvernig verður ljósshraðinn fundinn af myrkvum á túnglum Júpíters? Undir hverju er afl ljóssins komið? Hvað sögðum vèr um ljósmælinn? — Hvaða líkamir eru það, sem vèr köllum skuggsjár? Hver er munur á sjálfgjörðum skuggsjám og smíðuðum? flötum og kúptum? Hvað er aðkasts- og apturkastsgeisli? aðkastslóð? aðkasts- og apturkastshorn? Hvernig er aðallögmálið fyrir apturkasti ljóssins? Hvernig breytist útlit eða staða myndanna í hinni flötu skuggsjá, eptir breytíngum þeim sem gjörðar eru á fyrirkomulagi hennar og líkamans? Hvernig verða myndirnar látnar margfaldast í hinni flötu skuggsjá? Hvernig er fagurmyndasjáin búin til? Og hvað sögðum vèr um hana? Hvernig er töfrasjáin? Hvað sögðum vèr um skuggsjárstokkana? Hvað er það, sem kallað er kúlu- og sívalníngsskuggsjár? safn- og tvísturskuggsjár? verulegir og ímyndaðir brennistaðir? Hvernig eru störf safnskuggsjárinnar? Hvernig verða þau sýnd með uppdrætti? Hvernig fer tvísturskuggsjáin með ljósið? Og hver er starfi hennar? Hver er nytsemi safnskuggsjárinnar? Til hverskonar töfra eða missýnínga hafa menn stundum notað hana? — Hvernig förum vèr að sjá geislabrotið? Hvernig er aðallögmálið fyrir því? Hvernig fer geislabrotið eptir eðli og lögum hinna gagnsæju líkama? Hvaða viðburði nefndum vèr, sem eiga rót sína í geislabrotinu? Hvernig skipta menn hinum skygndu glerum? Hvað sögðum vèr um flötu glerin skygndu? Og hvað um hin bognu? Hvernig verður brennistaður safnglersins fundinn?

Hvernig verður það sýnt með uppdrætti? Hvernig og hvar verða myndir líkamanna í tvísturglerinu? Hvernig er glerstrendíngurinn? Hvernig er litunum í honum varið, og hverjir eru þeir og í hvaða röð? Hvers vegna sýnast oss sumir líkamir hvítir, sumir svartir, sumir rauðir, sumir bláir, sumir gulir, o. s. frv.? Hvað sögðum vèr um millumlitina? Hvernig er hinum litarlausu sjónarglerum varið? — Hvað heita aðalpartarnir í mannsauganu? Og hvað sögðum vèr um augað? Hvernig er starfa þess háttað? Hvernig stendur á því, að maður skuli ekki sja líkamina öfuga, eins og þeir mynda sig á nethimnu augans? Og því sjáum vèr ekki hvern líkama tvöfaldaðan, þar sem vèr höfum þó tvö augu? Hvar er sá depill í auganu, sem enga sjónartilfinníngu hefir? Hvað er glöggsýnisvídd? nærsýni? fjærsýni? Hvað gjöra þensluvöðvar augans? Hvernig hlífa menn bezt sjóninni og hvað töldum vèr upp, sem skemmdi hana? — Hvað er sjónarhorn? Eptir hverju fer það? Hvaða viðburði nefndum vèr, sem ættu rót sína í sjónarhorninu? Og hvaða missýníngar eða sjónvillur minntumst vèr þar á? Hvaða gagn er að gleraugum, og hvernig verður nytsemi þeirra sönnuð? Hvaða reglu nefndum vèr áríðandi við gleraugnavalið? Hver er starfi stækkunarglersins? Hver er munur á einföldum og samsettum sjónaukum? Hvaða ráð eru til þess, að finna hvað mikið sjónaukinn eða stækkunarglerið stækkar? Hvað sögðum vèr um sólarsjónaukann? — Hvernig er töfrakolan? Til hvers er hún höfð? Hvernig er myrkurhúsið? Hvar og hvernig myndast líkaminn í því? Hver er nytsemi þess? Hvernig voru hinar aðrar tvær tegundir tóls þessa, sem vèr minntumst á? Hver er tilgángur og starfi sjónpípnanna? Eru þær margskonar? Hvernig er tilbúníngurinn á sjónpípu Galíleis? Keplers? jarðsjónpípunni? skuggsjár-sjónpípu *Newtons*? Hvað geta menn nú sèð lángt út í himingeiminn með hinum beztu sjónpípum, t.a.m. með lángsæispípu (*Teleskop*) *Herschels*?

ÁTTUNDA ATRIÐI.

SEGULAFLIÐ.

1.

ADDRÁTTARAFL SEGULSINS.

Segullinn er dökkgrár námalíkami (*Mineral*), og fæst hann allvíða, t. a. m. í Harzfjöllunum á þýðverjalandi, í Norvegi og Síberíu. Helzt virðist hann eiga heima í hinum norðlægu löndunum. — Taki maður segul (segulstein) og velti honum um járnsvarf, þá dregur hann það að sèr og verður kafloðinn utan af svarfinu. Er það svo fast við hann, að það dettur ekki frá honum af sjálfu sèr. — Ef maður hengir upp dálitla járnkúlu í þræði, og færir hana svo smátt og smátt að segulnum, þá er eins og kúlan taki viðbragð á því augabragði, sem hún er komin í vissa nánd við segulinn, og rennur að honum og festir sig við hann, og er þar kyr. Með tilliti til þessara viðburða skulum vèr nú setja á oss nokkur atriði.

1. Flestallir þeir námalíkamir, sem dálítið er í af járni, sundurleystu í kalk, koma með þeim eiginlegleika upp úr jörðinni, að halda járni og ymsum járnkynjuðum líkömum (t. a. m. rauðkrít, rauða, stuðlabergi, ritblýi, o. s. frv.) föstum við sig, og jafnvel að draga þá að sèr, þegar þeir eru hvorki of lángt frá þeim, nè of þúngir til þess.

2. Segul köllum vèr hvern þann líkama, sem vèr getum án nákvæmrar rannsóknar fundið þenna eiginlegleika hjá. Útlenda nafnið *Magnet* er dregið af borginni Magnesía í Asíu hinni litlu, því þar var þetta einkennilega aðdráttarafl sumra líkama fyrst fundið, og var það að sögn manna ekki seinna en 600 árum fyrir fæðíngu Krists. Orsökin eða aflið, sem hèr kemur fram, er kallað segulafl (*Magnetisme*) og stöku sinnum segulefni (*magnetisk Materie*).

3. Afl segulsins fer ekki eptir stærð hans, eins og margur kynni að ætla, því það er opt, að stór segull

ber lítið, en lítill segull þar á móti mikið. — Menn hafa reynsluna fyrir því, að aðdráttaraflið er optast nær mest í þeim segulsteinum, eða í þeim segul, sem finnst ofan jarðar, og allt af hefir legið ber fyrir áhrifum loptsins. Afl segulsins verður bezt á kveðið með því, að vita hvað mörgum sinnum hann ber sinn eigin þúnga (jafnvægi sitt). Sjaldgæft er það, að 2 punda þúngur segull beri meira en sinn þúnga tífaldan ($2 \times 10 = 20$ ℔). En ef það er satt, sem sagt er um segulstein *Newtons*, sem átti að hafa verið 3 grön að þýngd, en borið 700 grön, þá getur segullinn verið svo aflmikill, að hann beri þúnga sinn 250 faldaðan. En hvað sem því líður, er það þó ætíð eptirtektavert að sjá þann segul, sem getur borið 100 eða 200 pund af járni.

4. Járnið er ekki sá eini líkami, sem segullinn dregur að sèr, heldur dregur hann og að sèr bæði nikul (*Nikkel*) og kóbolt, helzt ef þeir eru öldúngis óblandaðir*).

Vèr skulum nú skýra þessi atriði fyrir oss með nokkrum tilraunum. — Fyrst tökum vèr þá þunna borðfjöl, og stráum á hana smáu járnsvarfi. Síðan berum vèr segulinn til og frá, eptir þeim fleti fjalarinnar sem niður snýr, og sjáum að svarfið ofan á henni er allt af á iði og kviki uppi yfir segulnum. Það er eins og að svarfið vilji komast að segulnum, hvað sem fyrir er. Það er öldúngis sama, þó að vèr höfum gler eða málmflögu undir svarfinu. Segulaflið kemur allt eins fram á því, hvað sem á milli er hans og þess. — En vèr skulum breyta til dálítið og hafa glerflögu með saumnál á, í staðinn fyrir fjölina með svarfinu. Þegar vèr hreifum nú segulinn eptir neðra borði glerflögunnar, þá hreifist nálin ofan á henni öldúngis eins, rètt eins og þau væri föst saman á einhverjum leyniböndum. Hafi maður þunna járnflögu undir svarfinu eða saumnálinni, í staðinn fyrir fjölina eða glerflöguna, þá verða áhrif segulsins raunar töluvert minni en áður, og jafnvel alls engin, á svarfið eða nálina. Eins fara þau

*) Nikull og Kóbolt eru málmar tveir. Kóbolt er optast nær ljósgrár á lit, og viðlíka þúngur og járn. Hann þarf meira en 600 stiga hita á mæli Rèaumurs til þess að bráðna. Nikull er og ljósgrár á lit, ákaflega fastur í sèr og getur varla orðið leystur upp í kalk, þó í eldi sè. Króm og Mangan eiga í vissu tilliti skylt við Nikul og Kóbolt, að segulaflinu til.

og allt af mínkandi eptir því, sem segullinn er færður lengra burtu frá svarfinu. Af þessum tilraunum sjáum vèr þá:

1. Að áhrif segulaflsins ryðja sèr til rúms ekki einúngis í gegnum loptið, heldur og í gegnum gler, trè, brèf, vatn, o. s. frv. Á þessu ríður og margt af því, sem síðar verður sagt og sýnt í þessu atriði.

2. Að ef járnflaga er borin milli segulsins og þeirra hinna smáu líkama, sem hann á að beita afli sínu á, þá er eins og aðdráttarafl hans hverfi nærri því allt saman í járnflöguna, og þá getur hún að að minnsta kosti ekki svo fljótt sýnt þetta aðdráttarafl á svarfinu, eða hvað það er, sem segullinn átti að draga að sèr.

3. Tilraunir manna, til þess að finna aðdráttarafl segulsins á ymsri fjarlægð, hafa nærri því allar komizt að því lögmáli: að segulaflið mínkar eins mikið og fertölur fjarlægðanna vaxa. — Aðdráttarafl segulskautsins (*magnetisk Pol*) er á tvöfaldri vegalengd ekki nema fjórðúngur þess, sem það var á einfaldri vegalengd. Sönnun fyrir þessu á hèr ekki heima.

Það má bæði veikja og styrkja segulaflið: það styrkist við það, að byrði segulsins sè á hverjum degi aukin nokkuð, en veikist við það, að láta ekki segulinn hafa neitt að starfa, hrista hann snögglega, eða rífa opt og óþyrmilega frá honum járn það, sem hann hefir dregið að sèr, eða sem við hann loðir.

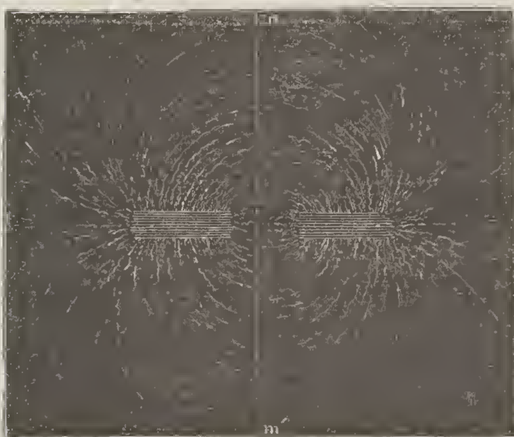
2.

TVÍÆTTÍNG (*POLARITET*) SEGULSINS.

Vèr tökum nú enn sem fyrri segulinn, og veltum honum innan um smátt járnsvarf, og athugum jafnframt hvað mikið af svarfinu að loðir við hann á hverjum depli hans. Sjáum vèr þá brátt, að aðdráttaraflið er ekki allstaðar jafn-mikið í honum. Það eru tveir gagnstæðir deplar, sem það er mest í. Vèr mörkum nú depla þessa á segulnum, og strjúkum svo af honum svarfið. Síðan drögum vèr lètta stálnál hvervetna um segulinn, og komumst þá að þeirri raun, að í þessum deplum báðum stendur nálin þverbeint á fleti hans, en hallast allstaðar annarstaðar meira eða minna, og liggur jafnvel öldúngis lárètt á honum sumstaðar. En nú skulum vèr leggja segulinn á eitthvað, t. a. m. borð, og hafa glerflögu eða brèf ofan á honum, og þar ofan á skulum vèr sía

smátt járnsvarf. Síðan skulum vèr slá ofur-hægt á glerflöguna eða brèfið, og raðar þá svarfið sèr í allt einar bogaraðir, eins og 190. myndin sýnir. Allar þessar bogaraðir eru eins og þær eigi rót sína í tveimur gagnstæðum deplum. — Nú tökum vèr dálítinn, þunnan og lèttan trèbát, eins og börn eru vön að hafa til þess að leika sèr að, og fleytum honum á vatni og leggjum segulinn ofan í hann. Þar næst tökum vèr alla járnkynjaða líkama burtu frá bátnum og látum hann stöðva sig á vatninu. Reynist það þá, að báturinn snýr hèrumbil í norður og suður (það er að segja ef segullinn liggur að endilaungu eptir bátnum; því það er í rauninni segullinn, sem ræður þessari áttasókn, og sem við allar þessar og þvílíkar aðrar tilraunir leitast við að snúa öðrum enda í norður, en öðrum í suður). Ef vèr gætum nú nákvæmar að, þá sjáum vèr, að það eru tveir hinir fyr nefndu deplar segulsins, sem ráða þessari stefnu. Og hvernig sem vèr snúum nú bátnum, stöðvar hann sig þó aldrei fyr, en seguldeplarnir eru búnir að ná sínum vissu áttum. Atriðisgreinir þær, sem hèr þarf að setja á sig, eru þessar:

190. mynd.

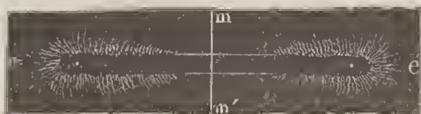


1. Þeir tveir deplar segulsins, sem taka öðrum fram að aðdráttarafli og stefnu, eru kallaðir segulskaut (*Magnet-Poler*). Sá depillinn er kallaður suðurskaut, sem æ tíð vill snúa til suðurs, en norðurskaut, er mót norðri veit. Síðar verður meira talað um depla þessa og eðli þeirra.

2. Hèr að auki er og miðlína segulsins, eða lína sú, sem liggur þvert um hann, mitt á milli beggja

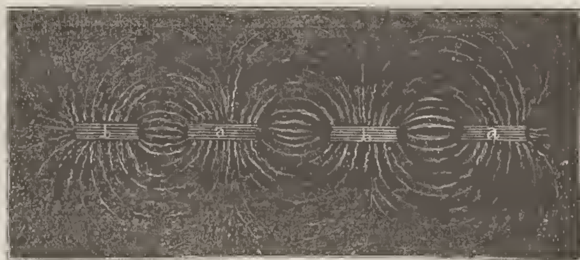
skautanna. Í 191. myndinni er þessi lína táknuð með strikinu *mm'*. **Miðlínan** dregur járnið hvergi að sèr, svo hún er í því tilliti einskonar helmíngalína segulsins. Bæði er það sýnt hèr í myndinni, hvernig aðdráttarafl segulsins vex því meira, sem að lengra dregur út frá miðlínunni á báða vegu, eða því nær sem dregur skautunum *ee'*, og þar að auki má og fljótt komast að raun um það á segulnum sjálfum.

191. mynd.



3. Það er ekki dæmalaust, að sami segullinn hefir 3, 4, eða enn fleiri segulskaut, og eru þau þá kölluð **raðarskaut** (sveipir — *Fölgepunkter*). Ef þessir deplar eru í segulnum, þá þarf ekki annað til þess að finna þá, en að færa stálnálina (prófnálina) eptir honum endilaungum, eða velta honum upp úr smáu járnsvarfi. Ef vèr leggjum glerflögu eða brèf með svarfi á ofan á slíkan segul, og sláum hægt og hægt á það eins og áður var um talað, þá raða svarfkornin sèr eins og hvítu bogalínurnar í 192. mynd sýna. Slíkur segull er til margra starfa ónýtur, sökum skautafjöldans, sem þá gjöra villu eina, en það er bót í máli, að nóg eru ráð til þess að breyta þessum raðarskautum í tvö skaut einúngis.

192. mynd.

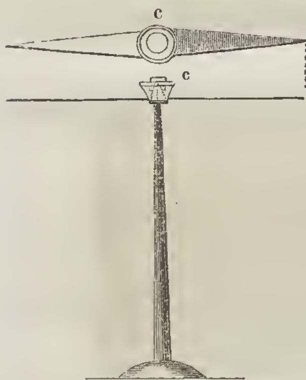


4. Eptir því, sem nú hefir verið sagt og sýnt, eru aðaleiginlegleikar segulsins tveir: **aðdráttaraflið** og **tvíættíngin** (ɔ: það, að segullinn leitast ætíð við að snúa tveimur skautum sínu í hvora áttina, norður og suður). **Tvíættíng segulsins**

er það, sem tilbúníngur áttavitans (*Kompas*) er undir kominn. En það er einmitt þetta nytsama tól, áttavitinn, sem hefir gjört það unnt að sigla um útsæinn, og leita þar nýrra landa. En ekki vitum vèr hver sá maður hefir verið, sem fyrst komst að tvíættíngu segulsins, og oss er jafnvel hulið hvaða þjóð það hefir verið, sem fyrst hefir notað þenna dularfulla eiginlegleika hans til þess að miða við vissar stefnur í rúminu. Það eitt þykjumst vèr geta sagt með vissu, að fyrir upphaf 13. aldar hafi enginn Norðurálfubúi þekkt áttavitann*). Það er alkunnugt, hvaða traust að áttavitinn veitir hinum örugga siglíngamanni, þegar hann ferðast um hinn ómælanda útsæ í næturmyrkri eða kolsvartri þoku. Það eru öll líkindi til, að í fornöld muni þjóðirnar hafa notað áttavitann til þess að villast ekki í hinum víðlendu skógum, eða á öðrum eins sandauðnum eins og til eru í austur- og suðurálfum heimsins. Nú á tímum er og áttavitinn þannig notaður bæði í land- og sjóferðum, og þykir æ hinn bezti gripur í för manns.

Vèr höfum enn ekki haft annan segul við tilraunir vorar, en þann, sem í vissum löndum er að finna í jörðinni, eða segulsteininn, sem kallaður er. En segullinn er í miklu fleiri myndum, en þessari upprunalegu eða náttúrlegu. Þannig er t. a. m. segullinn stundum líkur skeifu í laginu, og eru þá skautin á endum hans (skeifuhælunum); stundum er hann og þunnur eins og fjöður, og yddur í báða enda og beinn, eins og 193. myndin sýnir (því íþróttin hefir breytt honum á ymsa vegu og hagnýtir hann á ymsan hátt, eins og síðar mun sagt verða). Þessi segulfjöður er ýmist látin hánga á þræði eða leika á agati, og svo er gjört ráð fyrir hèr í myndinni. Agatinn er þá í miðdepli fjaðrarinnar *c*. En hvernig sem að búið

193. mynd.



*) Það er almenn ætlan, að áttavitinn hafi fyrst verið búinn til í Efri-Asíu, og þaðan hafi hann flutzt til Kínverjalands, og svo til annara austurlanda. Krossfararnir eiga loks að hafa flutt hann með sèr til Norðurálfunnar á 13du öld.

er um segulfjöðrina, eða segulnálina sem kölluð er, þá er þó ætíð hagað svo til, að hún liggi lárètt, og geti hreifzt og snúizt viðstöðulaust. Báðar þessar tegundir segulsins og allar aðrar slíkar kalla menn tilbúinn segul (segulstál), vegna þess að þeir eru tilbúnir eða smíðaðir. En þar á móti er hver sá segull kallaður sjálfgjörður, sem er eins og hann kom úr skauti jarðarinnar segulsteinn. Vèr skulum seinna segja lesendum vorum frá því, sem þeim er nauðsynlegast að vita um hinar tilbúnu segultegundir (eða segulstálin og segulnálarnar), en fyrst ætlum vèr nú að skýra þeim frá tilraunum nokkrum.

Segulnálin er nú í kyrð og snýr hèrumbil í norður og suður. Vèr festum athygli vora einkum á þeim enda hennar, sem til norðurs veit; síðan komum vèr hreïfíngu á nálina. En hún kemst ekki í kyrð fyr en hún snýr öldúngis eins og áður en vèr hreifðum hana. Nú tökum vèr skeifumyndaða segulstálið og leggjum óhert járn við báða enda þess. (Þetta óherta járn er kallað akkeri. Fyrir akkeri má og nota vanalegan lykil). Síðan bætum vèr svo miklum þúnga á akkerið, sem segullinn getur borið, og er það meira en margur kynni að ætla; enda er það og tilgángurinn með því að hafa segulstálið skeifumyndað, að hann skuli bera meira, við það, er bæði skaut hans verða þá eins og samtaka í aðdrættinum. — En vèr skulum bæta við þetta einni tilraun enn.

Segulnálin er nú aptur í kyrð. En ef vèr berum norðurskautið á skeifumyndaða segulstálinu að norðurskauti hennar, þá flýr hún undan honum og vill ekki taka saman við hann. Nálin fer þá hrínginn í kríng um typpi það, sem hún leikur á. Eins fer og ef suðurskautin eru borin hvort að öðru, að þau firrast hvort annað, sem mest mega þau. Ef að þar á móti suðurskaut er borið að norðurskauti, eða norðurskaut að suðurskauti, þá fer allt á aðra leið, því þá er eins og að hvorugt geti orðið nógu fljótt til þess að ná hinu: svo dragast þau fast hvort að öðru og ekki skilja þau af sjálfs dáðum. Með þessum hætti erum vèr nú búnir að finna það hið mikils varðanda lögmál: að hin samnefndu segulskaut firrast hvort annað, en hin ósamnefndu dragast hvort að öðru. Þess vegna kalla menn og þau skautin, sem firrast hvort annað, óvinaskaut, en hin, sem saman vilja dragast, kalla menn þar á móti vinaskaut. Þessu næst skulum vèr skýra frá leikfaungum nokkru mog list-

um, sem skilja má af því, sem hèr að framan hefir verið sagt um segulinn.

Vèr höfum hèr t. a m. tvo svani (álptir) úr pjátri, og með lakkhúð á að utan. Þeim fylgir dálítill járnstafur, og getum vèr ráðið öllum hreifíngum þeirra og látið þá fara hvert sem vèr viljum og staðnæmast hvar sem oss lízt á vatninu, sem vèr setjum þá á, með því að bera ýmsa enda á stafnum að þeim. Orsökin til þessa er sú: að fæturnir á svönunum eru úr járni, en staungin er tilbúinn segull.

En það eru ekki einúngis svanir og endur, sem menn hafa þannig tilbúna, heldur og bæði fiskar og skip. Leikfáng þetta er ekki óskemtilegt, og þeir sem ekki vita hvernig það er búið til, þykir það all-undarlegt.

Hafi maður góðan segul fólginn í lófa sèr, eða einhverjum þeim umbúníngi, sem bezt þykir eiga við, þá þarf ekki annað en að leggja t. a. m. saumnálar og smáar járnflögur, eða eitthvað þesskonar, ofan á þunnt borð, og hreifa segulinn til og frá neðan undir því. Hoppa þá nálarnar og járnflögurnar á borðinu upp og leika sèr, og ef þetta er vel leikið, þá þykir þeim, sem ekki vita hvernig á stendur, harla mikið til þessa koma, og mjög óskiljanlegt.

Þá er og hin segulmagnaða tröllskessa, og skulum vèr reyna til að lýsa henni, svo vel sem oss er auðið. Vèr skulum þá ímynda oss: 1. hola töflu, sem stendur á 4 fótum og er með segul innan í; — 2. dálitla mannsmynd úr trè eða brèfi, sem stendur á ofurlitlum teini fram úr miðri töflunni, og hefir segulmagnaðan staf í hendinni. Myndinni verður snúið ótt og títt í hríng, af því að stafurinn geymir einatt jafnvægisins á henni. — 3. Báðumegin á töflunni eru 12 stundir dagsins markaðar, eins og á stundaklukku. En nú kemur galdurinn. Ef að maður færir vísirinn á einhverja stundina, og snýr síðan myndinni í hríng á teini þeim, sem hún stendur á, þá bendir hún með stafnum einmitt á þessa tölu, þegar hún kemst aptur í kyrð. Það má nú leggja ymsar spurníngar fyrir skessuna, og búa svo um, að hún leysi úr þeim öllum, og getur þessi leikur bæði orðið margbrotinn og skemtilegur, ef hann er vel leikinn með list og kunnáttu. — En ekki mun þeim verða galdurinn torskilinn, sem veit að hin samnefndu segulskautin firrast hvort annað, en hin ósamnefndu dragast hvort að öðru, og að segullinn inni í töflunni er áfastur

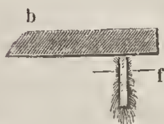
við vísirinn og hreifist öldúngis eins og hann. Þar að auki ber og þess að gæta, að stundatalan neðan á töflunni er gagnstæð hinni, sem er ofan á henni. Svipuð eru og hlutföllin milli allra spurnínga og svara, sem hèr eru við höfð. Endinn á staf skessunnar er segulmagnaður, og er í honum vinaskaut þess seguls, sem í töflunni er, og sem færist með vísinum. Stafurinn stefnir því ætíð, þegar hann er sjálfráður, á vinaskaut sitt í segulnum. Af því leiðir nú, að ef vísirinn er hreifður, þá snýst segullinn, og stafurinn hlýtur þess vegna að benda á sömu tölu og vísirinn gjörir, af því að hann kemst ekki annarstaðar í kyrð, en sem næst vinaskauti sínu á segulnum.

Mörg önnur segulleikfaung eru og til, og þó þau sèu hvort öðru ólík á að sjá, þá eiga þau þó flest öll rót sína í samdrætti eða firríngu hinna fyr nefndu segulskauta.

3.
HVERNIG JÁRN OG STÁL VERÐUR GJÖRT SEGULMAGNAÐ.

Þegar vèr veltum segulnum í járnsvarfinu, eins og ráð er gjört fyrir hèr að framan, þá sjáum vèr, að það loðir við hann, og að segulaflið er mest á vissum stöðum, en það er í segulskautunum. En jafnframt sjáum vèr og, að svarfið loðir öðruvísi við segulinn, heldur en t. a. m. sandur loðir utan á votum líkama. Svarfið loðir í röðum eða dínglum við segulinn, einkum við segulskautin. Þetta verður enn glöggara með því, að hafa hinn skeifumyndaða segul og nálar. Jafnvel þó að nálarnar geti ekki loðað saman af sjálfs-dáðum, þá má þó hengja þær hverja neðan í aðra á segulinn. En undir eins og segullinn er tekinn frá fyrstu nálinni, þá geta þær ekki heldur tollað saman lengur. En nú skulum vèr breyta nokkuð tilrauninni og hengja járnsívalnínginn f á segulinn ab í 194. myndinni. Að því búnu látum vèr neðra enda sívalníngsins að eins snerta eða koma við hrúgukorn af smáu járnsvarfi, og sjáum vèr þá, að svarfdínglarnir verða lengstir neðan á sívalníngnum, og að ofarlega á honum er aðdrátturinn = 0 (enginn) á vissum depli (þverstriki), en þá aptur nokkur þar fyrir ofan, og í gagnstæða stefnu við það, sem hann var fyrir neðan núllstrikið. Það er með öðrum orðum: að sívalníngurinn er orðinn að segul með tveimur skautum og miðlínu.

194. mynd.



En þessi miðlína er þó ekki á miðjum sívalníngnum, heldur er hún töluvert nær öðrum enda hans, en öðrum. — þessu næst skulum vèr taka upp allar hinar fyrnefndu tilraunir, en hafa nú allt af stálsvarf í staðinn fyrir járnsvarf, og þunnar stálflögur í staðinn fyrir saumnálarnar í hinum fyrri tilraunum. Kemur það þá fram, að stálið er ekki eins opið fyrir áhrifum segulaflsins, eins og lina járnið, enda heldur það og segulaflinu á sèr, úr því að það er einusinni búið að taka við því eða fá það. Taki maður saumnál úr stáli og láti segulinn bera hana $\frac{1}{4}$ eða $\frac{1}{2}$ stundar, þá er hún búin að fá svo mikið segulafl í sig, að hún dregur að sèr bæði svarf og aðrar lèttar nálar, og það laungu eptir að hún hefir verið tekin af segulnum. Ef að slík nál er hengd upp á þræði, sem bundinn er um hana miðja, þá snýr hún öðrum enda í suður en öðrum í norður. Allt öðruvísi er þessu varið um hið lina járn.

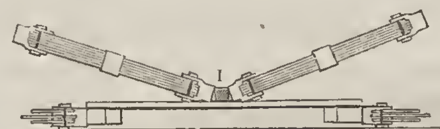
Reynsla sú, að bæði lint járn og herzlulaust stál missir segulaflið undir eins og það er tekið af segulnum, gjörir það að nauðsyn, að hafa ætíð hert stál í segulinn, eða til þess, að hleypa í segulmagninu. En ekki eru íþróttamennirnir enn á eitt sáttir um það, hvernig slíkt stál eigi að vera hert, eða hvað harka þess eigi að vera mikil. Híngað til hafa mönnum reynzt þær stálnálar beztar, sem í herzlunni hafa fengið gulleitan blæ, eða þó heldur þær, sem hafa verið gjörðar hvítglóandi, og þá hertar í sjóðandi línolíu, jafnvel þó að þær sè þá tregari á að taka við segulaflinu, en ella. Vèr skulum nú segja frá aðferðinni til þess, að búa til segul eða segulstál.

Fyrst taka menn þá öldúngis segulmagnslausan stáltein, og til þess að sjá það, að hann er ekkert segulmagnaður, þá er hann reyndur á járnsvarfinu, hvert nokkuð loðir við hann. þar næst er hinn skeifumyndaði segull tekinn, og annað skaut hans, t. a. m. norðurskautið, sett með 10 eða 12 stiga halla á stálteininn miðjan og dregið aptur og aptur út af enda teinsins. En í hvert skipti er segullinn borinn í sveig frá teininum tilbaka, svo að hann nemi ekki burtu með sèr það segulmagn, sem í hann var komið. Síðan drögum vèr suðurskaut segulsins eins opt, og á sama hátt, um hinn helmíng teinsins. Við þetta er nú stálteinninn orðinn segulmagnaður, og ef vèr reynum hann nú á svarfinu, þá mun hann draga það að sèr og þó mest til beggja endanna.

þessi aðferð til þess að búa til segul er kölluð einstroksaðferð; en menn hafa og til aðra aðferð, sem kölluð er tví-

stroksaðferð, af því að þá eru 2 segular við hafðir. Fyrst er þá staungin, sem magna skal, lögð flöt niður og sinn segull við hvorn enda hennar, svo að annar snýr norður-, en annar suðurskautinu að staunginni, eins og 195. myndin sýnir. Þar næst tekur maður sinn segul í hvora hönd sèr og setur þá báða í senn á miðju stángarinnar, og eins halla og fyr var nefnt við einstroksaðferðina. En á miðri staunginni skal hafa dálítinn trèkubb, eða látún, eða blý, til þess að segullinn geti ekki snortið hvor annan. Þessi skilveggur er í myndinni táknaður með *I*. Að því búnu er sínum segul strokið um hvorn enda á staunginni, og það svo opt sem þurfa þykir, en ekki er þeim lypt upp af henni á milli eins og við hina aðferðina. Þegar nógu opt þykir vera búið að strjúka um staungina, þá er hvor stroksegullinn tekinn upp aptur á sama stað og hann var í fyrstunni settur niður. Aðalkosturinn við þessa aðferð er sá, að staungin magnast bæði fyrri og betur en ella, en það er aptur mikill ókostur á henni, að það er hætt við að hún myndi raðarskaut, eða að minnsta kosti mis-sterk skaut á hinn nýja segul (segulstál), og þess vegna er hún varla hafandi til þess að búa til þær segulnálar, sem vera skulu til nákvæmra athugana. — En vèr skulum nú setja á oss nokkrar atriðisgreinir, sem hèr lúta að.

195. mynd.



1. Það er sannreynt, að hverja helzt aðferð sem menn hafa til að búa til segul, þá verða þeir staðir, sem seinast snerta hvor annan, vinaskaut. — Vèr skulum reyna þetta á stálstaunginni, sem vèr mögnuðum seinast. Vèr vitum, bæði hvor stángarhelmíngurinn var strokinn með suður- og hvor með norðurskauti stroksegulsins. Er þá ekki annað að gjöra, en taka hið nýja segulstál, og leggja það á kork eða trè, láta það síðan fljóta í vatni, og gæta að í hverjar áttir hvor endinn snýr, þegar það er komið í kyrð. Kemur það þá fram, að sá endinn snýr í suður, sem strokinn var með norðurskauti, en hinn í norður, sem strokinn var með suðurskauti. Sama verður og reyndin á um þetta, ef stálið er hengt upp á ósnúnum silkiþræði.

2. Stroksegullinn missir lítið eða ekkert af afli sínu, ef rètt er strokið með honum. — Eigi maður því sjálfgjörðan segul (segulstein), þá getur maður magnað með honum margar þunnar stálflögur, lagt þær síðan saman og vafið utan um þær látúnsþræði, eða einhverju þesskonar. Með þeim hætti er maður þá búinn að búa sèr til sterkan segul, eða segulstál.

3. Af því, sem hèr hefir verið sagt að framan, kemur manni nærri því ósjálfrátt sú ætlan í hug: að segulaflið hljóti frá upphafi að vera fólgið bæði í járni og stáli, og að stroksegullinn gjöri ekki annað, en að vekja þetta afl af dvala sínum. — En vegna þess vèr vitum, að það er til tvennskonar segulafl, þá verðum vèr og að ætla, að það sè til tvennskonar segullögur, og að sín tegund hans ráði eins og mestu við hvort af hinum gagnstæðu skautum. Það er samt óvíst, hvort oss tekst að komast að fullri vissu um þetta efni með reynslunni. Ekki að síður tökum vèr þó ætlan þessa eins og vissu, því hún er það, sem gjörir oss unnt að taka öll atvik við segulaflið frá sama sjónarmiði. Náttúrufræðíngurinn *Aepinus* hèlt að segullögurinn væri einúngis einn.

4. Eins og tegundir segullagarins geta ekki runnið frá segulnum inn í járnið, svo geta þær ekki heldur runnið, eða farið frá hverjum efnisparti (*Molecul*) járnsins í annan. — Vèr þurfum ekki annað til að fullvissa oss um þetta, en taka járnþráð og kljúfa hann sundur að endilaungu eptir miðjunni, á meðan hann er áfastur við segul nokkurn, og munum vèr þá sjá, að sá hluti þráðarins, sem við segulinn loðir, hefir alla sömu eiginlegleika og segullinn sjálfur, þar sem hinn hlutinn, er frá var tekinn, hefir engan þeirra. Það er því óhugsanda, að segullögurinn hafi eins og runnið inn í þenna hluta þráðarins. Ef vèr bætum nú þeirri ætlan hèr við: að segullegirnir renna að sönnu ekki úr hverjum efnispartinum í annan, heldur geta þeir aðgreinzt í hvern þeirra út af fyrir sig, eins og sýnt er í 196. mynd; þá eru og allar þær flækjur greiddar, sem annars kynnu að sýnast að vera á jöfnuði segulaflsins. Eptir þessari skoðun hlyt-

196. mynd.

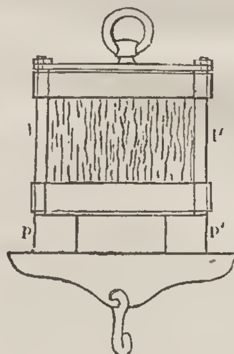


um vèr auðsjáanlega að hluta sundur sjálfa efnispartana, til þess að geta þá fengið báða segullegina aðskilda, svo hvor mætti verða fyrir sig.

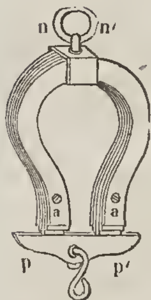
5. Vèr höfum nú skýrt hugmyndir vorar um það, hvað sè sjálfgjörður segull og hvernig segullinn verði búinn til. En vèr höfum enn ekki talað um hitt, hvernig eða með hverju að menn geti ekki einúngis haldið segulaflinu við, heldur og aukið það og eflt. Vèr skulum því snúa athugunum vorum að því efni. Allan þann umbúníng eða áhöld, sem til þess þarf, kalla menn einu nafni verjur (*Armaturer* — segulverjur). Afl þess seguls, sem er með verjum, er miklu meira, en afl hins verjulausa, og ef lint járn er lagt á segulinn og látið vera kyrt á honum, til þess að gefa honum eins og eitthvað að starfa, þá er járnið verja hans.

Fyrst af öllu látum vèr nú verjur á hinn sjálfgjörða segul. Það gjörum vèr með því, að sverfa skaut hans, svo að þau verði slètt fyrir endana, og leggjum þar að honum stykkiskorn af linu járni. Á járninu höfum vèr tvo fætur, sinn undan hvoru skauti á segulnum, og klæðum svo allan segulinn að öðru leyti utan með látúnspjátri; *l* og *l'* í 197. myndinni er kallað vængir verjunnar (verjuvængir) en *p* og *p'* fætur hennar. Vængirnir eru hèrumbil 1 línu þykkir og nærri því eins breiðir og sjálfur segullinn er. Fæturnir verða að stærðinni til að fara eptir afli segulsins.

197. mynd.



198. mynd sýnir enn eina segultegund (segulstálsmynd), skeifumyndaða. Þessi segull er búinn til úr mörgum stálflögum, sem hver fyrir sig er gjörð segulmögnuð, og síðan

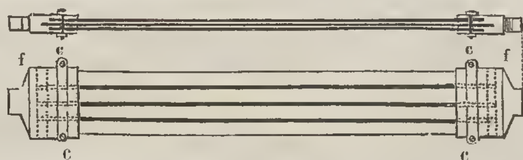


198. mynd.

lagðar hvor utan yfir aðra. En það er athuganda við þessar stálflögur, að sú, sem í miðið er, er bæði sterkust og gildust allra þeirra og lengst. Hinar eru allt af styttri og styttri, og undir eins grennri og grennri. Skrúfurnar *a a* eru til þess að halda flögunum saman. Hríngurinn *n n* er til þess að hengja segulinn upp á honum, en lina járnstykkið *p p'*, sem kallað er akkeri, er verja seguls þessa. — Í slíkan segul, sem þenna, verða menn ætíð að hafa stálflögurnar 3, 5, 9, 11, o. s. frv.; þ. e. tala stálflaganna þarf að vera oddatala.

Að lyktum ætlum vèr að minnast á segulhlöðuna (*magnetisk Magazin*), sem kölluð er. Í hana eru hafðar 12 beinar stálstengur, segulmagnaðar, sem eru lagðar hver ofan á aðra í 3 lög, á þann hátt, að öll samnefndu skautin liggja saman í lögunum. Með þessum hætti verður aðdráttaraflið að verða miklu meira en ella. Á segulhlöðunni er og haft sitt stykki af linu járni á hvorum enda *f* (í 199. mynd), og það er verjan. Látúnsþræðirnir *cc* eru einúngis til þess, að halda stálstaungunum saman. En auk þessara járnbúta *ff* er og vænt að hafa smábúta af linu járni á milli sjálfra endanna á staungunum, til þess að þeir liggi ekki fastir saman, og eiga þá járnbútarnir að standa dálítið fram úr.

199. mynd.



Þess ber vandlega að gæta, við hvern segul sem er, hvort sem hann er með verjum eða verjulaus, að reyna aldrei of mikið á hann, því sèrhver ofraun veikir afl segulsins.

4.

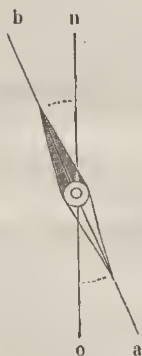
SEGULNÁLIN.

Vèr höfum áður drepið að eins lauslega á segulnálina, þar sem talað var um tvíættíngu segulsins, og gátum þá um það, að hún er aðalatriði áttavitans og annara þvílíkra tóla. En nú er þá eptir að athuga fyrirkomulag hennar, halla og skekkju, og eru það allt saman mikils varðandi atriði.

það er kallað, að segulnálin leiki tálmunarlaust í lopti, en það er þó ekki að öllu leyti satt, því „agatinn", sem felldur er í miðju hennar, gjörir ætíð nokkra núníngsfyrirstöðu á stálbroddi þeim, sem undir nálinni er. Og þó að þessi tálmun sè ekki stór, þá getur hún þó haft nokkur áhrif á nálina. Samt sem áður er hún ekki teljandi, ef nálin er góð og allur umbúníngur svo vandaður sem verða má. Frjálsust er nálin, þegar hún er látin hánga á snúðlausum silkiþræði, því þá eru engar tálmanir fyrir hreifíngu hennar, nema loptsfyrirstaðan og snúníngsaflið, og er það svo lítið, að þess gætir varla.

Vèr höfum og sagt það áður, að þegar segulnálin væri sjálfráð, þá stefndi hún í norður og suður, og gæti verið í kyrð, nema þegar hún hefði þessa stefnu. En það er ekki heldur öldúngis rètt mælt. Ef vèr drögum línuna *no* (í 200. myndinni) á slètta fjöl eða borð, og látum hana snúa rètt í norður og suður, þá verður stefna segulnálarinnar *ab* dálítið skökk við hana. þessi skekkja verður hèr að minnsta kosti nú á tímum 19 stig, og það er ekki svo lítið. — Skekkja (*Deklination*) segulnálarinnar er ekki ætíð jafn-mikil, og fer hún bæði eptir stað og tíma.

200. mynd.



1. Skekkja segulnálarinnar fer eptir staðnum. — Til þess að komast í fullan skilníng um þetta, er nú ekki huga vorum til setu boðið. Vèr verðum að ímynda oss ekki minna en það, að vèr ferðuðumst í austur eða vestur svo lángt, að vèr kæmumst hrínginn í kríng um hnöttinn. Vèr skyldum nú fara í vestur. Á hinum fyrstu 50 eða 100 mílum finnum vèr þá undir eins, að skekkja segulnálarinnar fer töluvert í vöxt. En þegar skekkjuhorn segulnálarinnar er orðið

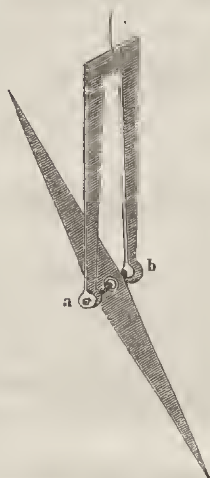
meira en 19 eða 20 stig, þá fer það aptur smá-mínkandi, þángað til að hádegisbaugur segulnálarinnar fellur í fyrsta sinni saman við hádegisbaug stjörnufræðinnar. En þetta verður þá, er komið er vestur á meginland Vesturálfunnar: því að það svæði, sem skekkja segulnálarinnar er ekki nein á, liggur um norðurhluta Vesturálfunnar og í landsuður um botninn á Mexíkó-flóanum, um Brasilíu og suður í Atlantshaf. — Vèr skulum nú halda lengra áfram vestur eptir, og þó það sè undarlegt, þá sjáum vèr þó, að segulnálin skekkist nú smásaman meira og meira austur á við, þángað til að vèr erum komnir svo lángt, að skekkjuhornið er aptur orðið 19 eða 20 stig. Úr því fer skekkjan allt af smámínkandi að nýju, og verður á endanum engin í annað sinn. þetta svæði er nokkurnveginn samhliða hinu fyrra, og liggur eptir miðri Austurálfunni og Suðurhafinu. Ef vèr höldum enn lengra áfram, þá byrjar skekkjan aptur að vaxa, og það vestur á bóginn, eins og hún var allra fyrst, og því heldur hún áfram, þángað til að vèr komumst aptur á hið fyrnefnda svæði í Vesturálfunni. — Ef vèr hefðum farið í vesturhallt norður eða austurhallt suður, í staðinn fyrir austur eða vestur, þá mundi skekkjan á nálinni annaðhvort ekki hafa orðið nein, eða nærri því ekki nein.

2. Skekkja segulnálarinnar fer eptir tímanum. — Ef að athuganir fyrri alda manna á segulnálina eru áreiðanlegar, þá hafa þeir staðir ekki ætíð verið hinir sömu, sem hún hefir verið skekkjulaus á. Svæðið, sem vèr nefndum í Vesturálfunni, var t. a. m. á 17. öld í Norðurálfunni. En síðan hefir það allt af verið að firrast hana og þokast vestur eptir. þessi breytíng er harla merkileg og eptirtektaverð. — En skekkja segulnálarinnar fer einnig eptir breytíngum árstímanna, og er jafnvel sín á hverri stundu. Til þess að geta nú athugað allar þessar breytíngar á segulskekkjunni, sem stundum koma á óvart, en stundum eptir einhverri vissri reglu, þá þarf bæði vönduð áhöld og vanan mann og aðgætinn. — En vèr skulum nú ekki tala meira um það, og skoða heldur segulnálina á fleiri vegu.

Vèr skulum ímynda oss dálitla stálflögu, sem hángi öldúngis hafjöfn (eða lárètt) á þræði, áður en hún er gjörð segulmögnuð. Síðan skyldi segullinn vera dreginn jafn-mörgum sinnum um hvorn helmíng hennar, og hún þar á eptir hengd upp eins og áður. Sèst það þá, að við mögnunina hefir hún mist jafnvægið, svo að í vorum löndum stefnir norðurskaut hennar meira niður á

við að jörðinni, heldur en suðurskautið. þetta köllum vèr halla segulnálarinnar (segulhalla — *Inklination*). En ef að það er torvelt að búa svo um segulnálina, að núníngsfyrirstaðan tálmi henni öldúngis ekkert frá því, að sýna skekkjuna upp á víst, þá er þó hitt enn torveldara, að búa svo um hana, að hún geti tálmunarlaust sýnt hallann. Hèr koma þær tálmanir fyrir, sem varla eða alls ekki verður ráðin bót á. það er, ef til vill, hinn bezti umbúníngur fyrir hallanálina, sem hèr er sýndur í 201. myndinni. Nálin er þar í klofa og veltur á lèttum og liðugum ási, lárèttum. Ef maður byrjaði nú ferð sína með tól þetta, og færi einatt norður eptir, þá reyndist það, að nálarhallinn færi allt af vaxandi, og það svo, að vèr mundum ekki efast um, að sá depill yrði að vera til út við heimsskautið, þar sem nálin yrði að standa þverbeint á hnattfleti jarðarinnar. Um norðanverða miðju Norðurálfunnar er hallahorn segulnálarinnar hèrumbil 69 stig. Sunnan til í Húðsonarflóanum og á *Spitsbergen* er það orðið 80 stig. *Parry* komst þángað, sem hallahornið var $88\frac{1}{2}$ stig, svo hann var þá ekki lángt frá þeim stað, sem nálin mundi hafa staðið þverbeint á. En árið 1831 komst *James Ross* á endanum þángað; hann var þá í för með hinum nafnfræga siglíngamanni Jóni Ross. Fundu þeir það, að nálin stóð þverbeint á hnattfleti jarðarinnar á 70° 5′ norðurbreiddar og 280° 54′ austurlengdar. Fari maður suður eptir, þá er hallabreytíngin enn meiri, því þá reynist það: 1. að hallinn fer fyrst framan af alltaf mínkandi; 2. að milli hvarfbauganna liggur belti nokkurt, hrínginn í kríng um hnöttinn, sem segulhallinn er enginn á, og nálin hángir hafjöfn eða lárètt öldúngis; — 3. að því lengra, sem dregur suður fyrir þetta belti, sem kallað er segulmiðbaugur hnattarins (*den magnetiske Æquator*), því meira vex og hallinn að nýju; — og 4. að nálægt suðurskauti hnattarins hlýtur einnig að vera sá staður, sem nálin stendur

201. mynd.



þverbeint á fleti jarðarinnar. Orsakirnar þessara viðburða verða taldar í næstu grein hèr á eptir. Hèr þurfum vèr að lyktum að setja á oss tvö atriði.

1. Segulmiðbaugur jarðarinnar er ekki hríngur, heldur tvíbogin bjúglína með mörgum hlykkjum á. Á tveimur stöðum sker hún miðjarðarlínuna. Suðurbreidd hennar er mest í Atlantshafinu, hèrumbil 28° fyrir vestan Parísarborg.

2. Segulhallinn breytist með tímanum eins og segulskekkjan, og í margar aldir hafa hinir tveir áminnztu skurðardeplar segulmiðjubaugs og miðjarðarlínu einatt verið að þokast vestan að og austur eptir. — En því er miður, að vèr getum ekki sagt lesendum vorum orsakirnar til þessara breytínga; því menn eru enn ekki búnir að komast að þeim.

5.

SEGULAFL JARÐARINNAR.

Báðar segulnálarnar, og þó einkum hallanálin, benda til þess, að jarðarhnötturinn hljóti allur saman að vera einn mikill segull, en þó ekki eins aflmikill og hann er stór til. Þetta er harla mikils vert atriði og grundvöllur alls þess, sem sagt verður í þessari grein. — Það er auðráðið, að skautin á segulnálinni muni ætíð reyna til, að horfa móti vinaskautum hnattarins. Það skaut segulnálarinnar, sem ætíð veit til norðurs, og sem vèr fyrir þá sök köllum norðurskaut, jafnvel þó það ætti í raun og veru að vera kallað suðurskaut, af því að það er magnað með suðurskauti, það bendir ætíð á norðurskaut hnattsegulsins. Sama er og að segja um suðurskaut segulnálarinnar, að það stefnir ætíð á suðurskaut hnattsegulsins. En það lítur svo út, eins og að skekkja nálarinnar komi af því, að segulmöndull jarðarhnattarins hefir ekki allt af sömu stefnuna. Flestir eru nú á því, að loptshitabreytíngarnar olli hinum árlegu og daglegu breytíngum á segulnálinni.'

Auk þessa er og enn mikil ástæða til fyrir segulafli jarðarinnar. Ef að járnstengur eru í lángan tíma látnar hánga í lopti, undir berum himni, þá verða þær á endanum segulmagnaðar af sjálfum sèr. — Af þessu er auðskilið hvernig á því stendur, að ymս tól úr járni og járnstengur, sem einatt verða fyrir miklum hristíngi af núníngi, höggum, hrindíngum o. s. frv., verða opt og tíðum segulmagnaðar, og geta dregið að sèr járnsvarf, eða annað þesskonar smávegis. — Járnstengur og járnkrossar, sem einatt standa úti undir berum himni, verða nærri því ætíð segulmagnaðar á endanum, af því að loptið hefir svo jöfn og stöðug áhrif á þá.

6.

SPURNÍNGAR TIL AD RIFJA UPP EPTIR.

Hvernig er hinn sjálfgjörði segull (segulsteinninn) vanur að vera litur? Hvaða eiginlegleiki er það, sem einkennir segulinn? Hvað sögðum vèr um mismun segulaflsins? Hverjir eru þeir líkamir, sem auk segulsteinsins taka þátt í segulaflinu? Hvernig reyndum vèr það, að segulaflið starfar og í gegnum aðra líkami? Hvernig er lögmálið fyrir aðdráttarafli segulsins á ymsri fjarlægð? — Hver er hinn annar aðal-eiginlegleiki segulsins? Hvaða tilraunir gjörðum vèr um tvíættíngu segulsins? Hvernig er norður- og suðurskautum segulsins varið, raðarskautum og miðlínu? Hvað er aðalatriði áttavitans? Hvernig er lögmálið fyrir hlutföllunum milli skautanna á tveimur segulnálum, sem hánga frjálsar í lopti? Hvernig var segulleikfánginu, sem vèr sögðum frá, háttað? Hvernig lýstum vèr hinni segulmögnuðu tröllkonu? Hvernig var hinn þriðji aðaleiginlegleiki segulsins, sem vèr nefndum? Hvernig sýndum vèr segulmögnunaraðferð stáls og járns? Og hvernig voru aðferðirnar til þess? Hvað sögðum vèr eptirtektaverðast um skaut segulstálsins? — Hvað sögðum vèr um segullegina? Hvernig geta menn geymt og jafnvel aukið aðdráttafl segulsins? Hvernig voru verjur þær, sem vèr bjuggum til fyrir (1.) hinn sjálfgjörða segul, og (2.) hinn tilbúna, skeifumyndaða? Hvað kölluðum vèr segulhlöðu? Hvaða tálmanir nefndum vèr á fyrirkomulagi segulnálarinnar? Hvernig verður það gjört áþreifanlegt, að hádegisbaugar segulsins eru í vorum

löndum aðrir en hádegisbaugar stjörnufræðinnar? Hvernig fer skekkja segulnálarinnar eptir (1.) tíma og (2.) stað? Hvernig fundu menn halla segulnálarinnar (segulhallann), og hvað sögðum vèr um hann? Hvaða tól sögðum vèr að mundi vera hentugast til þess að finna hann með? Hvernig er segulhallanum varið á ymsum stöðum hnattarins eða í ymsum löndum? Hvar var segulskautið, sem *James Ross* fann árið 1831? Ætla segulskaut hnattarins sè mörg? Hvernig er segulmiðbaugi jarðarinnar varið? Hvað verður eins og áðalályktun manna af athugunum þeirra á báðar segulnálarnar? Hvaða dæmi tókum vèr til þess að sanna með ætlan vora um segulafl jarðarinnar?

NÍUNDA ATRIÐI.

RAFURMAGNIÐ.

1.
INNGÁNGSORÐ UM HINA HELZTU EIGINLEGLEIKA RAFURSINS.

Ef vèr tökum lakkstaung, og núum öðrum enda hennar hart og títt um klæði vor, og berum hann síðan að einhverjum lèttum líkama, t. a. m. hárum, brèfræmum, dúnfjöðrum eða einhverju slíku, þá rísa þeir upp á móti lakkinu og tolla á því sumir, en sumir detta þegar niður aptur á sinn stað. — Nú tökum vèr vel þurra glerpípu og núum henni við vel þurt kattarskinn, og er þá eins og aðdráttur og hrindíng sè þar bæði jafn-rík; því varla er brèfræman, sandkornið, hárið eða hvað það er, sem vèr berum glerpípuna að, óðar búið að snerta hana, en það hrökkur frá henni aptur, og svo að henni og frá henni að nýju. Þetta getur gengið 3, 4, 5 sinnum, eða jafnvel optar. En vèr skulum nú setja það á oss:

1. Það er ekki einúngis gler og lakk, heldur og allir aðrir líkamir, sem við núníng fá þetta hið dularfulla afl, til þess að draga líkami að sèr og hrinda þeim frá sèr aptur. En það verður hèr síðar sýnt, hvers vegna að lítið eða ekkert ber á þessu afli í sumum líkömum, t. a. m. málmum, vatni og koli, og það jafnvel þó að vèr höfum núið þá af alefli.

2. Þetta aðdráttar- og hrindíngarafl var mönnum kunnugt orðið 600 árum áður en Kristur fæddist. En tilraunirnar voru þá einúngis gjörðar með rafur (*Bernsteen*), sem er rauðgul, storkin jarðarfita (*Jordharpix*) og meira eða minna gagnsær. Rafurinn finnst enn á ströndunum með Eystrasalti. En menn hèldu á fyrri tímum, að það væri varla tilvinnanda að reyna, hvort að aðrir líkamir hefði þenna áminnzta eiginlegleika rafursins, eða annan slíkan, af því að menn grunaði þá ekki, að hèr væri í fólgið afl það, sem með mestri ógn og ofboði lýsir sèr í skruggunni, og sem hvervetna er mjög mikils varðanda. Þess vegna var og

heimurinn um lángar aldaraðir öldúngis ókunnugur einhverju hinu helzta afli náttúrunnar, og það var fyrst á 17du öld, að náttúrufræðíngarnir fóru að veita þessu atriði nokkra eptirtekt. Komust þeir þá brátt að raun um, að þenna eiginlegleika höfðu margir hinir sundurleitustu líkamir, t. a. m. gler, brennisteinn, gimsteinar, o. s. frv., og að það þurfti ekki annað en að núa þá, til þess einsog að vekja þetta aðdráttar- og hrindíngarafl þeirra.

3. Þetta afl er kallað rafurmagn (*Elektricitet*), og er það dregið af nafninu rafur (*Elektron*).

Vèr skulum nú enn gjöra nokkrar tilraunir, sem hèr eiga við. — Þegar vèr erum að nýju búnir að núa vel glerpípuna, eða gjöra hana rafurmagnaða, þá höldum vèr henni rètt við ennið á oss, og tökum vandlega eptir þeim tilfinníngum, sem vèr verðum þá varir við í enninu. Verðum vèr þá skjótt varir einhvers á andlitinu, ekki ólíkt og það væri kóngulóarvefur. Vèr finnum þá og einsog dálitla brennisteinslykt, eða eitthvað þesskonar, og er það einskonar boði þess, að rafurmagnið sè allskammt undan. Þegar vèr erum búnir að reyna þetta, þá skulum vèr enn gjöra eina tilraun, sem er miklu fagrari en hin. Vèr látum vera myrkur í herberginu, sem vèr erum í, og gjörum síðan glerpípuna svo rafurmagnaða, sem oss er framast auðið. Að því búnu drepum vèr fíngurgómi vorum til og frá á pípuna, og hrjóta þá úr henni dálitlir neistar, svo að vel má sjá þá í myrkrinu, og er eins og að þeir stíngi mann í góminn. Í þessum neistum er einmitt hinn helzti eiginlegleiki rafurmagnsins fólginn. En vèr geymum oss útskýríngu hans þángað til seinna, að talað verður um rafurmagnsvèlina (*Elektriseermaskine*), því með henni verður hann og töluvert ljósari, en með glerpípunni.

Ekki er það ætíð nauðsynlegt að núa saman tveimur flötum, til þess að vekja rafurmagnið. Til þess liggja og margir aðrir vegir, t. a. m. snertíng ósamkynja málma, þrýstíngarbreytíng, breytíng á loptshitanum (veðrabrigði), o. s. frv.

2.

LEIÐENDUR RAFURMAGNS OG EKKI-LEIÐENDUR.

Vèr erum nú búnir að sjá, hverju núin glerpípa fær orkað. Þó vèr reynum alla hina sömu aðferð við málmana, þá verður það þó öldúngis árángurslaust, því vèr sjáum þó engin merki til rafurmagns í þeim. Það lítur þess vegna svo út, eins og að

fyrri alda menn hafi haft rètt að mæla, þegar þeir sögðu, að málmar, vatn, kol, mannslíkaminn, o. s. frv., yrði ekki gjörðir rafurmagnaðir, hvorki með núníngi nè nokkrum öðrum ráðum, og skiptu því öllum líkömum í rafurmagnaða líkami og rafurmagnslausa. En þetta er ekki nema misskilníngur einn, og munum vèr sýna það seinna, að þessi ætlan er ekki rètt.

Vèr skulum nú taka glerpípuna enn einu sinni, og vekja rafurmagn hennar. Síðan skulum vèr snerta hana til og frá, og verðum vèr þá enn sem fyrri varir við hina stíngandi neista. Með þessum hætti erum vèr þá komnir að raun um það, að glerpípan sleppir ekki rafurmagni sínu við aðra líkami, en þá, sem snerta hana beinlínis. — Þessu næst tökum vèr þá harpixköku, og leggjum slètta látúnskrínglu ofan á hana, sem áður er gjörð rafurmögnuð með þeim hætti, sem sagt verður frá í 9. grein. En á sama augabragði og vèr snertum látúnskrínglana, hverfur og allt rafurmagnið burt úr henni, og það svo algjörlega, að engin merki þess verða fundin neinstaðar í henni. — Ef vèr núum að eins annan enda glerpípunnar, þá verður og einúngis sá endinn rafurmagnaður. Þetta fer öldúngis öðruvísi um málmana. — Af þessu sjáum vèr það: 1. að suma líkami vantar hæfilegleika til að geta haldið rafurmagninu föstu, eða geymt þess; og 2. að sumir líkamir þar á móti geta það. Hina fyrnefndu líkami kalla menn leiðendur rafurmagnsins, en hina síðari ekki-leiðendur þess. Af leiðendunum nefnum vèr hèr einúngis málma, vatn, vatnsgufu, vel útbrunnin kol, ymsa parta af líkömum manna og dýra, reyk, loga, o. s. frv. En af ekkileiðendum teljum vèr nú ekki nema rafur, harpix, brennistein, ljósbera, lakk, gler og gleraða líkami, silki, ull, hár, fiður, þurt lopt, þurt trè, demant og alla gimsteina aðra, o. s. frv. Leiðendurnir flýta ferð rafurmagnsins, eða að minnsta kosti tefja þeir hana ekki neitt, þar sem ekki-leiðendurnir þar á móti eins og tálma henni, eða veita henni fyrirstöðu.

Vèr skulum nú taka það saman í fáeinar atriðisgreinir, sem hèr hefir verið sagt um leiðendur og ekkileiðendur rafurmagnsins.

1. Það er ekki unnt að segja skýlaus takmörk þessara flokka hvors um sig, því það er sennilegast, að leiðendur og ekki-leiðendur greinist einúngis við það, að sumir líkamir hafi í sèr fólgið meira tálm-

unarefni fyrir rás eða ferð rafurmagnsins, heldur en sumir. — Því minna sem þetta tálmunarefni er í líkamanum, því betri leiðandi er hann, en því lakari, sem það er meira í honum. Það eru hvorki til algjörðir leiðendur nè algjörðir ekkileiðendur. Ágætir leiðendur eru: málmar, vatn, kol og „grafít"; lakari leiðendur eru: grös og dýr; mjög illir leiðendur eða hálfleiðendur eru: trè, brèf, beinköglar, marmari, alabastur, o. s. frv.

2. Hitinn er eitt af því, sem getur ráðið einna mestu um gæði leiðandans og ollað ymsum breytíngum á þeim. — Á meðan glerið, harpixinn, vaxið, sápan, o. s. frv., eru fastir líkamir, þá tálma þau ferð eða rennsli rafurmagnsins, en undir eins og þau eru bráðnuð eða runnin, þá eru þau einhverjir hinir beztu leiðendur.

3. Ef rafurmagninu standa tveir vegir opnir, eins og opt má verða, þá fer það ætíð þann, sem annaðhvort er greiðari, eða styttri. — Þetta mun verða sýnt og sannað hèr á eptir með tilraunum nokkrum, og þess vegna fjölyrðum vèr ekki meira um það að sinni.

4. Það er kallað að sá líkami sè einángraður (*isoleret*), sem einúngis er í sambandi við ekki-leiðendur, og engir leiðendur ná til. — Hin vanalega einángrunaraðferð er sú, að láta líkamann standa á gleri eða harpix, eða hengja hann upp á silkiþráðum. Hið algengasta einángrunartól er lagað eins og lág fótaskör, eða skemill, og verður meðferð þess sýnd hèr á eptir. Skemilborðið er úr vel þurru trè, húðuðu með fernís, en fæturnir eru úr gleri og þess vegna býsna digrir, svo að þeim sè óhættara við að brotna. Gler, skellakk (*Schellak*), silki o. s. frv., eru ágætir einángrunarlíkamir eða einángrendur (*Isolatorer*), eins og vant er að kalla slíka líkami.

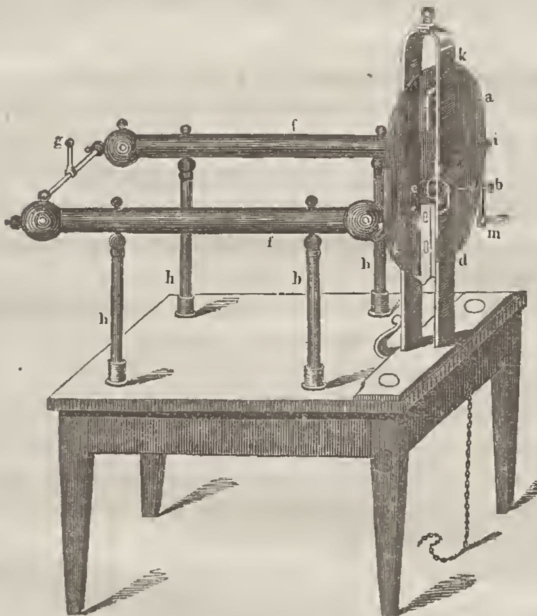
Mikill fjöldi náttúruviðburða er það, sem vèr mundum aldrei geta skilið í, ef vèr vissum ekki hvað góðir eða illir leiðendur þeir og þeir líkamir eru, t. a. m. að þó að málmur sè í sambandi við leiðanda nokkurn, og þó að hann sè núinn og barinn, þá ber þó aldrei á, að rafurmagnið stöðvist í honum, eða að hann verði rafurmagnaður; — að það er varla, að snertíng sè einhlít til að nema allt rafurmagnið burt úr gleri eða harpix; — að rafurmagnstilraunir heppnast mjög sjaldan í suddafullu lopti, eða í því herbergi, sem margir menn eru inni í, o. s. frv.

3.

RÁFURMAGNSVÈLIN (*ELEKTRISEERMASKINE*).

Af öllum þeim hinum mörgu áhöldum, sem notuð eru við rafurmagnstilraunirnar, eru það einkum þrjú, sem vèr þurfum að skýra sem vandlegast fyrir oss. þessi þrjú tól eru: rafurmagnsvèlin, rafurmagnsberinn og Galvanssúlan. 202. mynd er uppdráttur af rafurmagnsvèlinni, og hana skulum vèr nú virða fyrir oss.

202. mynd.



Hið fyrsta aðalatriði í rafurmagnsvèlinni er líkaminn, sem núast á, og er það hèr glerhjólið *a*. það er því betra, sem hjólið er stærra, og er það því að minnsta kosti látið vera 20 þumlúnga í þvermál. En sökum þess, að slíkar rafurmagnsvèlar, sem þessi, eru of dýrar fyrir almenníng, þá skulum vèr seinna lýsa annari, sem miklu er kostnaðarminni og einfaldari. Glerhjólinu er snúið með sveifinni *m*, og veltur það á möndli sínum milli uppstandaranna *d*. það ríður mikið á, að möndullinn sè úr

góðum einángranda, því ella mundi allt saman rafurmagn hjólsins streyma eptir honum og fara eitthvað út í loptið.

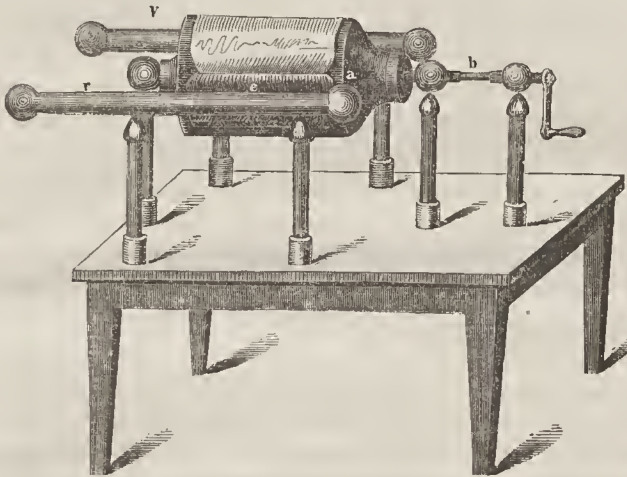
Hið annað aðalatriði rafurmagnsvèlarinnar eru koddarnir *e* og *e'*, sem eru sinn hvorumegin við glerhjólið. Hvernig sem að þessir koddar eru lagaðir, þá eru þeir þó ætíð látnir falla sem vandlegast utan að hjólinu, og taka yfir sem mestan flöt af því, til þess að núníngsflötur hjólsins og koddanna verði sem stærstur. Í koddunum er: 1. látúnstafla með hári við og smágjörfu skinni utan um; — 2. á skinnið er stráð þurru dupti af saman blönduðu tini, sínki og kvikasilfri, og er það til þess að auka rafurmagnið; — 3. er og hafður umbúníngur nokkur til þess, að koddarnir verði lagðir svo þètt utan að hjólinu, sem vill og við þarf. Koddarnir eru hafðir því fleiri, sem hjólið er stærra. Til þess að það rafurmagn, sem við núnínginn vaknar í glerhjólinu, hverfi ekki burt jafnóðum, þá eru menn vanir að hafa vaxdúk utan um koddana. Þessi vaxdúkur leggst utan að hjólinu, þegar farið er að snúa því, og ver það fyrir öllum skaðvænum líkömum, sem annars kynnu að snerta það, og leiða burt úr því rafurmagnið. Tilgángurinn með látúnstöflurnar í koddunum verður seinna sýndur.

Hið þriðja aðalatriði í rafurmagnsvèlinni eru látúnssívalníngarnir *f* og *f*. Starfi þeirra beggja er eins og sameinaður í *g*. Sívalníngarnir eru kallaðir leiðendur eða fyrstu leiðendur (*Konduktorer*). Sá er tilgángur glerstólpanna *h*, að þeir einángri leiðendurna, en þverbjálkarnir *ii* eru til þess, að flytja rafurmagnið frá hjólinu inn í leiðendurna. Bjálkunum *ii* er þann veg fyrir komið, að menn geta stundum tekið þá burt, þegar þess þykir við þurfa við tilraunir þær, sem gjöra skal. — Hèr að auki liggur látúnsfesti frá uppstöndurunum *d* niður á jörðu, og munum vèr seinna tala um tilgáng hennar. En að lyktum getum vèr þess, að rafurmagnsvèlin þarf að vera vandlega þur, ef tilraunirnar á hana eiga að takast, og er því ætíð ráðlegast að þurka hana alla saman vandlega upp með heitum ullarleppum, áður en farið er að gjöra tilraunirnar.

Önnur rafurmagnsvèl er hèr sýnd í 203. myndinni. Þar er glersívalníngurinn *a* í staðinn fyrir glerhjólið í hinni fyrri. Sívalníngurinn er hèrumbil 12 þumlúnga lángur og 6 þumlúnga í þvermál. Ekki er hèr nema einn koddi *e*, og er hann neðan undir sívalníngnum, sem veltur um lárèttan möndul, og má leggja hann svo fast eða laust að koddanum, sem vill, með því að herða

eða lina á þar til gjörðum skrúfnöglum, sem í vèlinni eru. Lètt silki eru menn vanir að hafa ofan yfir sívalníngnum, eins og ábreiðu.

203. mynd.



Leiðendurnir *v* og *r* eru fóðraðir utan með látúni, eða einhverjum öðrum hentugum málmi; en sjálfir eru þeir vanir að vera annaðhvort úr vel þurru trè eða brèfi og lagðir með blaðatini (*Stanniol*) að utan. Stólparnir, sem leiðendurnir, sveifin og sívalníngurinn standa á, eru allir úr gagnþurru trè, og dregin á þá húð úr góðu kvoðulakki (*Gummilak-Fernis*), til þess að þeir dragi síður í sig vætu og sè því betri einángrendur. Leiðandinn *r* er áfastur við koddann *e*, þar sem *v* aptur á móti er með tönnum á, sem allir snúa að glersívalníngnum og snerta hann að eins.

Otto Guerike, sem fyr hefir verið minnzt á í bók þessari, er höfundur hinnar undrunarlegu rafurmagnsvèlar. Hann var uppi um miðja 17du öld, og bjó til loptsdæluna, eins og fyr er frá sagt. Rafurmagnsvèl Ottós var enn einfaldari, heldur en þær tvær, sem hèr er lýst. Í henni var stór kúla úr brennisteini, sem snúið var með sveif, og látin núast við kodda úr ullarleppum, sem maður hèlt á í hendi sèr. Þetta einfalda tól notaði hinn þjóðræmdi snillíngur, og er það orðið fyrirmynd allra þeirra, sem síðan hafa búið til rafurmagnsvèlar.

4.

FÁEINAR TILRAUNIR, SEM HÆGT ER AD GJÖRA MED RAFURMAGNSVÈLINNI.

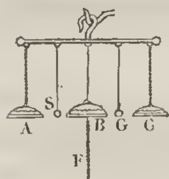
Rafurmagnsvèlin skyldi nú vera hlaðin, eða rafurmagn hennar vakið. Ef vèr tökum þá lagðkorn af viðarull og höldum honum skammt frá leiðandanum, þá rèttast öll hárin að honum; síðan fljúga þau á hann og kastast burtu aptur frá honum á sama augnabragðinu. Á endanum kastar eða glennir hvort hárið annað frá sèr, þar sem þau sitja þó öll saman föst á leiðandanum. — Ef vèr tökum loganda lakk í pjáturspæni (*Blikskee*) og berum það nærri því að leiðandanum, og slökkvum logann á því í sama augnabragði og það kemur að honum, þá myndast allt einir broddar á lakkinu á meðan að það er heitt. Ef vèr höfum kamfóru í spæninum í staðinn fyrir lakk, og förum svo eins að með hana, þá myndast enn smágjörfari þræðir eða broddar á henni en því. Af þessu sjáum vèr þá, hvernig rafurmagnið dregur bæði lakkið og kamfóruna að sèr. — Vèr skulum nú hella dálitlu af vínanda í blaðið á pjáturspæninum, og hita það til viss stigs yfir ljósi, festa síðan spóninn á leiðandann og snúa vèlinni. En á meðan vèr snúum henni, skulum vèr halda einum fíngurgómi vorum rètt uppi yfir vínandanum, en þó ekki niðri í honum; verðum vèr þess þá fljótt varir, að neistar hrökkva af pjáturspæninum, og kveikja þeir bráðum í vínandanum. Ef maður stendur á einángrunarskemlinum, og heldur annari hendi um leiðandann á vèlinni, en hinni yfir skeið eða spæni með vínanda í, sem annar maður heldur á, þá þarf ekki lengi að snúa vèlinni til þess, að neistaflug komi af þeirri hendi mannsins, sem hann rèttir frá sèr, og kveiki í vínandanum. Allt það sem fram kemur á leiðandanum kemur og fram á þeim manni, sem stendur á einángrunarskemlinum, og heldur um leiðandann eða snertir hann annari hendi. Það er sama hvar þessi maður er snortinn, að þar kemur ætíð neisti út af honum. Ef að hann heldur á dálítilli járnstaung í annari hendi, og drepur henni á bert hörund annars manns, þá finnur sá til einhvers, sem líkist höggi eða kipp í sèr. — En nú skulum vèr segja frá nokkrum listum, eða brögðum, sem hèr eiga við, og oss þykir nokkurs um vert.

Maður tekur tindisk og lætur á hann hrúgukorn af þunnum gullblöðum, nokkuð af holum mannamyndum úr brèfi og hyldi-

merg (*Hyldemarv*), og setur hann svo búinn ofan á leiðanda rafurmagnsvèlarinnar. Síðan tekur maður annan tindisk, sem eins er gengið frá og hinum fyrra, og heldur honum 6 eða 8 þumlúnga hátt fyrir ofan þann, sem stendur á leiðandanum. Að því búnu er rafurmagnsvèlinni snúið, og þá fer nú kyrðin af í þeim diskinum, sem á leiðandanum stendur. þar kemst allt í uppnám; myndirnar og blöðin stökkva upp undir hinn diskinn, sem haldið er á, detta síðan niður aptur og stökkva upp að nýju, o. s. frv. þessi skemtilegi leikur er almennt kallaður hinn rafurmagnaði líkneskjudans, og helzt hann við á meðan að báðir diskarnir eru kyrrir og ekki er hætt að snúa vèlinni. Hafi maður vel þurran sand á neðra diskinum, en ekki blöðin nè líkneskjurnar, þá dansa þau upp og stökkva, og kalla menn þann leik rafurmagnsregn.

Enn skemtilegri heldur en þessir leikir er þó hinn rafurmagnaði bjölluleikur, eða rafurmagnshríngíngin, og henni skulum vèr nú lýsa. Í 204. mynd eru 3 dálitlar klukkur eða bjöllur, allar saman kólflausar. þær hánga á pjáturási. Innan í miðklukkunni er krókur, sem menn geta hengt það á, er þeir vilja. Yztu klukkurnar hánga báðar á smágjörfum látúnsfestum, en sú, sem í miðið er, hángir á sterkum silkiþræði. Á milli klukknanna hánga tvær látúnskúlur á silkiþráðum. Ef vèr hengjum tól þetta á leiðandann, og látúnsfesti á krókinn í miðklukkunni, sem nær ofan á jörð, og snúum svo rafurmagnsvèlinni hægt og stillt, þá kemur bráðum hreifíng á kúlurnar, svo að þær berja á klukkunum utan, og stökkva ýmist að eða frá þeim. Af þessu kemur upp undarlegt hljóð úr klukkunum. — þessir viðburðir eiga rót sína í aðdráttar- og hrindíngarafli rafurmagnaðra líkama, og munu lesendur vorir geta skilið í þeim af því, sem hèr hefir sagt verið um hríð. þó verðum vèr enn að bæta hèr einni skýríngu við. Ef að miðklukkan hèngi á látúnsfesti, eins og hinar tvær, hvort mundi hún og þá ekki verða rafurmögnuð og leitast við að draga kúlurnar að sèr, líkt og hinar klukkurnar? það er auðskilið, að það er áríðanda að þessi klukkan hángi á silkiþræði, og að hið allra minnsta rafurmagn, sem kúlurnar færa henni, geti þegar runnið burt aptur eptir festinni, sem liggur úr henni ofan á jörðina. það

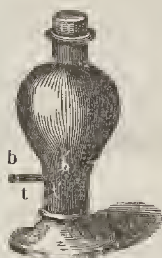
204. mynd.



er því einnig áríðanda, að miðklukkan sè þannig áföst eða í sambandi nokkru við gólfið eða jörðina. Þegar svona er um búið, getum vèr vænzt þess, að glamurhljóð klukknanna verði nokkurnveginn í sífellu og ekki með neinum köfum eða kippum. Er þá og leikurinn all-fagur og skemtilegur, en annars ekki.

Að lyktum tökum vèr málmflösku nokkra, og fyllum hana með vatnsefnislopti og andrúmslopti saman blönduðu, og setjum svo korktappa í opið. Síðan látum vèr rafurmagnsneista falla ofan á tappann, eða broddinn *b* í 205. myndinni. En í sama augnabragði heyrum vèr hvell, eigi all-lítinn, og við það skýzt tappinn burt úr flöskunni. Þetta tól er kallað hin **rafurmagnaða skammbyssa**. Við hana er það einkum athuganda: 1. að látúnsbroddurinn *b* gengur lángt inn í flöskuna, og er með sinni kúlu á hvorum enda *bb'*; — 2. að þessi látúnsþráður er innan í dálítilli glerpípu *tt'*, og lakkað fyrir endana, en pípan gengur inn í gegnum hliðina á flöskunni; — og 3. að sèrhver sá rafurmagnsneisti, sem fer eptir þræðinum, hrökkur frá kúlunni *b'* að sínu leyti eins í hvell-loptinu, eins og áður er getið um að slíkir neistar kveiktu í vínandanum í pjáturspæninum.

205. mynd.



Að lyktum viljum vèr benda lesendunum á það, að ef dúnfjöður er í sambandi við leiðandann, þá bólgnar hún upp; — að hárin rísa á höfðinu á þeim, sem á skemlinum stendur; — að skarreykurinn kippist ýmist að eða frá leiðandanum; — að rafurmagnið getur dreift vatni, sem er látið fara um mjóa pípu, svo að það verði eins og regn, o. s. frv.

5.

RAFURMAGNSMÆLIRINN (*ELEKTROMETER*).

Það er opt, að vèr getum ekki sagt það umsvifalaust, hvort sá eða sá líkami sè orðinn rafurmagnaður eða ekki, og þess vegna er það áríðanda, að hafa það til, sem sýnt geti jafnvel hinn minnsta vott rafurmagnsins. Slík tól eru öll kölluð **rafurmagnsmælar** (*Elektroskop*, *Elektrometer*). Vèr skulum nú athuga nokkra af þeim.

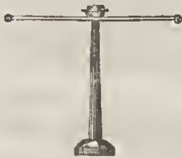
Menn eru tíðast vanir að hafa til þessa dálitla kúlu úr hyldimerg (*Hyldemarv*), sem hángir á silkiþræði, og er það efalaust einhver hinn einfaldasti rafurmagnsmælir. Hann er kallaður rafurmagnshengill. Þegar hann er notaður, þá er hann hengdur upp á þann veg, sem 206. myndin sýnir. Þar næst er hann borinn að líkamanum, sem reyna skal. Þess fyrr sem líkaminn dregur kúluna að sèr, þess meira er og í honum rafurmagnið. Ef maður tekur línþráð, og hefir slíka hyldimergjar- eða korkkúlu á öðrum enda hans, þá er þar annar mælir, sem einnig gjörir rafurmagn líkamans sjáanlegt, og það nærri því hvað lítið sem það er. Þegar þessi rafurmagnsmælir er við hafður, þá er hann borinn að líkamanum á þann veg, að kúlurnar sè hvor hjá annari. Firríng kúlnanna hvorrar frá annari sýnir þá, hvað mikið rafurmagnið er í líkamanum.

206. mynd.



Rafurmagnsnálin er miklu næmari en rafurmagnshengillinn. Hún er hèr sýnd í 207. myndinni. Rafurmagnsnálin er búin til úr mjóum látúnsþræði, með sinni kúlu á hvorum enda og agat í miðjunni, sem hún leikur á. Kúlurnar eru báðar hafðar holar innan, til þess að þær sè sem allra lèttastar. Agatinn leikur á örmjóum broddi, til þess að nálin geti hreifzt, hvað lítið sem rafurmagnið er. Tól þetta er svo auðskilið, að oss þykir ekki þörf á að lýsa, hvernig að skuli fara, til þess að mæla með því rafurmagnið.

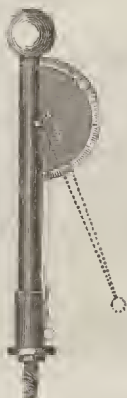
206. mynd.



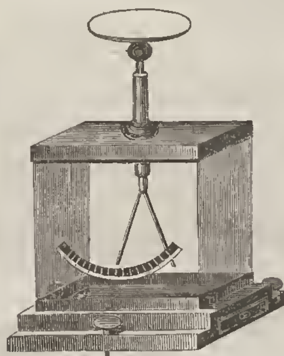
Henleys rafurmagnsmælir er og haldinn ágæta góður. 208. mynd er uppdráttur af honum. Aðalpartar hans eru þessir: 1. hríngshelmíngur, sem annaðhvort er gjörður úr gleri eða fílabeini, og með stigrima á röndinni; — 2. sívalur látúnsstólpi, sem hríngshelmíngurinn er festur á og svo er til búinn, að það má þegar vill skrúfa hann niður á leiðanda rafurmagnsvèlarinnar, og

taka hann burtu aptur af honum, þegar vill; — 3. vakur hengill, sem vant er að hafa úr skíði, og festur er í miðdepil kringlunnar. Neðan á honum er dálítil kúla úr korki eða hyldimerg. því meira sem rafurmagnið er í líkamanum, því hærra lyptist og hengillinn upp. En með því að hann nemur þó jafnan á endanum staðar við eitthvert stig á mælinum, þá má og sjá það af honum, að það er rètt ætlað, að rafurmagn það, sem vakið er eða veitt í líkamann, smá - mínkar aptur í honum. Seinna verður talað um nytsemi mælis þessa.

208. mynd.



209. mynd.



þá er enn rafurmagnsmælir Bennets, sem gjörður er úr tveimur þunnum gullræmum, og sýndur í 209. myndinni. Gullræmurnar eru vanar að vera hèrumbil 2 þumlúnga lángar og límdar með eggjahvítu á dálítinn látúnsfleig. Báðumegin við ræmurnar eru menn vanir að hafa skuggsjárgler, en á miðjum botninum er op. þar má skjóta inn um dálitlum stokki, sem klórkalsíum er í. Glerin eru kíttuð saman á röndunum, svo að hvortveggi stokkurinn er loptheldur. Klórkalsíið er til þess, að halda loptinu þurru. Hèr er og stigrimi, sem segir til hvað mikið rafurmagnið er.

6.

RAFURMAGNSTEGUNDIRNAR.

Nú tökum vèr tvo einfalda rafurmagnshengla, glerpípuna og lakkstaungina, og með þessu fernu ætlum vèr oss að gjöra nokkrar nýjúngar. Fyrst vekjum vèr þá rafurmagnið í glerpípunni, og látum það síðan streyma í korkkúlurnar á öðrum henglinum. Fer þá allt á sömu leið og áður er sagt: þegar hengillinn er orðinn rafurmagnaður, þá flýr hann glerpípuna og firrist hana slíkt sem

af tekur. Sömu verða og hlutföllin á milli hins hengilsins og lakksins, að hann flýr það, þegar hann er orðinn rafurmagnaður af því. En ef vèr þar á móti berum þá korkkúluna, sem var mögnuð með glerpípunni, að lakkinu, og þá, sem mögnuð var með lakkinu, að glerpípunni, þá fer þetta allt á aðra leið. Kúlurnar sendast þá hið skjótasta hvor á sinn líkama. Eptir þessu mundu og sjálfir henglarnir renna hvor að öðrum, ef það væri reynt. Hvað opt sem vèr tökum þessar tilraunir upp aptur og aptur, þá verður þó ætíð hið sama ofan á, að kúlurnar firrast þann líkamann, sem magnaði þær, en renna á móti hinum. — Vèr skulum nú setja á'oss nokkrar atriðisgreinir um þetta.

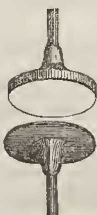
1. Með tilliti til þess, sem vèr sögðum nú um aðdrátt og hrindíngu rafurmagnsins, þá ætla menn, að til sè tvær tegundir af rafurmagni, sem sè líkar mjög þegar hvor þeirra er skoðuð sèr, en þar á móti harla ólíkar, þegar þær eru bornar saman. — Frakkneskur náttúrufræðíngur nokkur, *du Fay* að nafni, vitnaði til þessa árið 1733, og kallaði hann aðra tegundina gler-rafurmagn en hina harpix-rafurmagn. *Franklin* var sá, er fyrstur hèlt rannsóknum *Fays* um þetta efni áfram eptir hann, og sannaði hann með gildum rökum, að rafurmagnið væri tvennskonar, eða eins og hann kallaði það „*positiv*" og „*negativ Elektricitet*" eða $+E$ og $-E$. (Vèr skulum kalla „*positiv Elektricitet*" fram-rafurmagn, en „*negativ Elektricitet*" bak-rafurmagn, og draga þessi nöfn af því, hvernig hver tegundin kemur fram í rafurmagns-straumunum, sem síðar verður talað um).

2. þegar öðruhvoru rafurmagninu er veitt inn í líkama nokkurn, þá er það eðli þess, að hitt rafurmagnið eyðist við aðkomu þess. þau byggja hvort öðru út, eða drepa hvort annað. — Vèr þurfum ekki annað til þess að gjöra oss þetta ljóst, en að taka hinar fyr nefndu tilraunir upp, og aðgæta síðan hvernig rafurmagni beggja henglanna er varið, eptir að þeir hafa snortið hvor annan. Reynist það þá, ef henglarnir hafa báðir verið jafnt magnaðir, og sinn með hvorri tegund, eins og áður, þá ónýta þeir hvor annars rafurmagn við snertínguna, svo að eptir hana eru þeir jafn-rafurmagnslausir og þeir voru, áður en tilraunin byrjaði. Ef þeir eru þar á móti mis-mikið rafurmagnaðir, þá byggir hið meira hinu minna út, og leifar hins meira jafna sig niður á báða henglana. Vegna þess

að hvor rafurmagnstegundin eyðir þannig annari, þá var það ekki að orsakalausu að *Franklin* kallaði þær svo, sem nú var sagt.

3. Sú hefir enn fremur raunin á orðið á síðari tímum, að báðar rafurmagnstegundirnar vakna ætíð saman, og það jafnvel þó að hvor þeirra um sig hafi verið vakin á sem frábrugðnastan hátt annari. Ef að hinn núni líkami gefur af sèr fram-rafurmagn, þá verða menn bak-rafurmagnsins varir í þeim líkamanum, sem núið er með, og svo þvert á móti. — Til þess að gjöra oss þetta ljóst með tilraunum, einángrum vèr fyrst tvo ósamkynja líkami, t. a. m. flögur tvær, aðra úr gleri, en aðra úr trè. Trèflagan á að vera fóðruð utan með skinni og smurð með „amalgama", eða kvikasilfursblöndu, eins og koddi á rafurmagnsvèl. Síðan er þessum flögum núið saman. Þær eru hèr dregnar upp í 210. myndinni. Á meðan þær eru báðar saman ber ekki á neinu rafurmagni í þeim, en undir eins og þær eru aðskildar, þá verðum vèr varir við fram-rafurmagn í glerflögunni en bak-rafurmagn í hinni. En þar sem að vèr urðum aldrei varir við báðar rafurmagnstegundirnar í einu við hinar fyrri tilraunir, þá stóð svo á því, að líkaminn, sem núið var með, stóð í sambandi við leiðanda nokkurn, svo að rafurmagn hans rann jafnótt burt og það vaknaði.

210. mynd.



4. Tegundir rafurmagnsins fara eptir ásigkomulagi og eðli líkamans, sem núinn er, og þess líkama, sem núið er með. — Þegar slètt gler er núið með ullarlepp, þá fær það fram-rafurmagn, en bak-rafurmagn, ef það er núið með kattarskinni. Eins er og með silki, að það fer eptir því, hvort það er núið með harpix eða gleri, hvor tegund rafurmagns að kemur fram í því. Til þess að tákna því nákvæmlega báðar tegundir rafurmagnsins, verðum vèr að segja, að það er fram-rafurmagn ($+E$), sem þá vaknar í glerinu, þegar það er núið með ull eða silki, en bak-rafurmagn ($-E$) er það, sem vaknar í harpix, þegar hann er núinn með ull, silki, eða kattarskinni. Ef vèr viljum gjöra fleiri tilraunir um þetta, þá er það athuganda, að í upptalníngunni hèr á eptir er líkömunum þannig raðað, að ef líkaminn er núinn með hinum næsta á undan sèr, þá verður rafurmagn hans fram-rafurmagn, en bak-rafurmagn verður það,

ef hann er núinn með hinum næsta á eptir. Röðin er þessi: kattarskinn, demant, kanínuskinn, hèraskinn, túrmalín, gler, ull, brèf, hvítt silki, svart silki, brèfalakk, kolófoníum, rafur, brennisteinn. Þó er röð þessi ekki óbreytanleg, því sumir líkamirnir gæti eins vel staðið nokkru framar eða aptar í henni, eptir því hvernig fletir þeirra eru annaðhvort að hitanum til eða slèttleikanum, o. s. frv.

5. Til þess að komast eptir því, hver rafurmagnstegund sè í þeim eða þeim líkama, þarf ekki annað en að athuga, hvaða áhrif það hefir á rafurmagnsmæli, sem hlaðinn er með vissri tegund þess. — Rafurmagnshengillinn skyldi t. a. m. vera hlaðinn með fram-rafurmagni, og ef að hinn rafurmagnaði líkami hrindir honum þá burt frá sèr, er það víst, að í þeim líkama er og fram-rafurmagn, en ef líkaminn kippir henglinum að sèr, þá er það bak-rafurmagn, sem í honum er.

6. Þessi eru hin helztu lögmál, sem við koma gagnstæðum rafurmagnstegundum: samkynja rafurmögn hrinda hvort öðru frá sèr; ósamkynja rafurmögn draga hvort annað að sèr; bæði rafurmögnin ónýta hvort annað, þegar þau eru jafn-mikil eða jafn-sterk.

En nú skulum vèr enn halda áfram með tilraunir vorar. — Vèr tökum tvo einángrunar-skemla, og látum sinn mann standa á hvorum þeirra. Annar þessara manna heldur á vel þurru kattarskinni, og með því slær hann til og frá á klæði hins mannsins. Ef að hinn þriðji maður reynir nú að koma við þessa tvo, þá verður hann þess fljótt vísari, að þeir eru báðir rafurmagnaðir, því það stökkva allstaðar neistar út úr þeim. Ef rafurmagnið í mönnunum er reynt með rafurmagnsmæli, þá reynist, að það er fram-rafurmagn í þeim, sem kattarskinnið hefir, en í hinum er bak-rafurmagn, sem barinn var með skinninu.

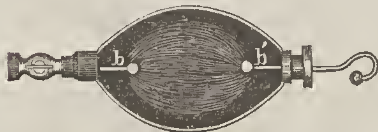
Ef vèr hengjum nú festina, sem áður var á núníngsumbúníngi rafurmagnsvèlarinnar, á leiðanda hennar, og gjörum síðan hjólið eða sívalnínginn rafurmagnaðan, á sama hátt og fyr er um talað, þá kemur lítið eða ekkert rafurmagn í leiðandann. Orsökin til þessa er auðsèn, þegar menn gæta þess: 1. hverjar orsakir eru til beggja rafurmagnstegundanna, og 2. hvernig þær eyða hvor annari, eða vinna hvor aðra upp. Þegar núníngsumbúníngurinn á vèlinni er einángraður og hjólinu síðan snúið, þá koma fyrst

framan af neistar úr leiðandanum, en hætta því bráðum þó snúið sè með kappi. Vèr ætlum lesendunum sjálfum að geta ráðið í orsakirnar til þessa.

Vèr skulum nú aptur láta festina á núníngsumbúnínginn. Síðan hlöðum vèr leiðandann vel með fram-rafurmagni, og berum dálítinn látúnsbrodd allt af nær og nær honum. Áður en hann er kominn mjög nærri leiðandanum, sjáum vèr dálitla lýsandi stjörnu hjá honum, og þessi stjarna verður einatt því fagrari, sem nær dregur leiðandanum, en ekki stækkar hún þó neitt við það. Loksins festum vèr látúnsbroddinn við leiðandann, og flytjum þar að auki annan leiðanda að honum. Myndast þá dálítill geislavöndur á broddinum í staðinn fyrir stjörnuna, sem áður var. Það er eptirtektavert við þenna vönd, að geislarnir stefna hver frá öðrum. — Vèr hlöðum nú leiðandann með bak-rafurmagni, en það gjörum vèr með því, bæði að taka armana af honum og með því, að leggja festi frá núníngsumbúníngnum og yfir á leiðandann. Að því búnu tökum vèr upp aptur tilraunina með látúnsbroddinn, og sjáum þá fyrst á honum geislavöndinn, og síðan stjörnuna, þegar hann er kominn að leiðandanum. — Það er ekki unnt að fá sèr ljósari röksemd, heldur en þessa, fyrir gagnstæðileika rafurmagnstegundanna. — Seinna skulum vèr minnast á *Lichtenbergs*-myndirnar, sem kallaðar eru, og sem einnig sýna muninn á rafurmagnstegundunum.

Rafurmagnsljósið er harla fagurt í þynntu lopti. Til þess að reyna það þurfum vèr á sèrstöku tóli að halda, eða svipuðu því, sem hèr er sýnt í 211. myndinni, en það er eggmyndað glerflaska. Á báðum endum hennar er látúns-umbúníngur og er annar þeirra þannig til búinn, að það má skrúfa hann niður á stèttina á loptsdælunni. Hinum er þar á móti svo varið, að það má færa hnappinn *b'* svo nærri *b*, sem þurfa þykir. Ef að flaskan er nú orðin svo tæmd að lopti, sem unnt er, þá þarf ekki annað en færa leiðandann á rafurmagnsvèlinni að látúnsþræðinum, sem hnappurinn *b'* er á, til þess að rafurmagnið streymi inn í flöskuna og fylli hana með ljómandi birtu. Ekki er tól þetta ætíð notað á einn veg, og má gjöra ymsar

211. mynd.

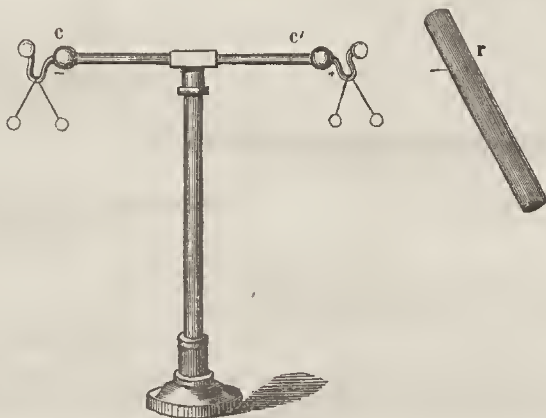


breytíngar á tilraununum með því. Ef að flaskan er t. a. m. færð nærri einhverjum leiðanda líkama, þá færist ljósið þángað að, og verður þar bjartara. En ef dálitlu lopti er hleypt inn um hanann á flöskunni, þá myndast allt einir purpurarauðir ljósbogar á milli *b* og *b'*. Láti maður allt af renna meira og meira lopt inn í flöskuna, þá verður ljósið á endanum eins og hver annar rafurmagnsneisti.

7.
HIÐ AÐSKILDA RAFURMAGN.

Tól það, sem nú á við að hafa, er hèr sýnt í 212. myndinni. Aðalatriði þess er látúnsstaungin *cc'*, sem stendur á glerstólpa.

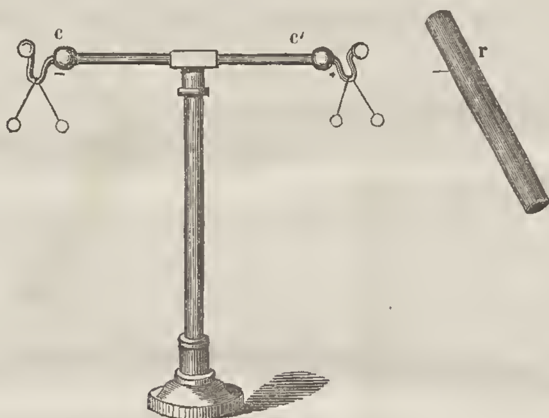
212. mynd.



Á endunum á látúnsstaunginni er sinn rafurmagnshengill á hvorum, en það eru línþræðir með korkkúlum neðan í. Línþræðirnir eru til þess, að ekkert skuli veita rafurmagninu fyrirstöðu á leiðinni milli látúnsstángarinnar og kúlnanna. Látúnsstaungin er nú öldúngis rafurmagnslaus, þegar vèr setjum hana í nánd við rafurmagnaða leiðandann *r*. Þó berum vèr hana ekki svo nærri leiðandanum, að rafurmagn hans geti runnið yfir í staungina. Vèr snúum nú athygli vorri að rafurmagnshenglunum á stángarendunum, og sjáum þá brátt, að korkkúlurnar firrast hver aðra. En auk þessara tveggja rafurmagnsmælira höfum vèr enn hinn þriðja

(sem ekki sèst í myndinni) og hengjum hann nálægt glerstólpanum, sem cc' liggur á. Það sjáum vèr og, að korkkúlurnar á þeim henglinum hánga kyrrar niður, og firrast ekki hvor aðra, eins og þær sem á stángarendunum eru. Þessu næst tökum vèr tólið burt frá leiðandanum, og eru þá þegar horfin úr því öll merki til rafurmagns. — Og hvernig stendur á því? — Vèr skulum nú þegar reyna að skýra þetta dularfulla atriði betur fyrir oss. — Vèr flytjum tólið aptur í nánd við leiðandann r, og aðgætum rafurmagn stángarinnar cc' á meðan það stendur þar.

212. mynd.



Kemur það þá upp, að það er sín rafurmagnstegund í hvorum enda hennar, og að sá endinn, sem fjær er leiðandanum r, er með samkynja rafurmagni og leiðandinn, en hinn með því, sem því er ósamkynja. En það er ekki allt búið enn. Þegar vèr hið fyrra sinnið vorum búnir að taka staungina burt frá r, þá var og rafurmagn hennar horfið. Nú þar á móti drepum vèr fíngurgómi vorum á stángarendann c, áður en vèr tökum hana burt frá leiðandanum. Reynist það þá, að staungin missir ekki af rafurmagni sínu, þó hún sè tekin frá leiðandanum; það er eins og vèr skyldum hafa kyrsett það með snertíngunni. Með því að prófa nú rafurmagnið með rafurmagnsmælinum finnum vèr, að báðar tegundir þess eru sameinaðar í leiðandanum r. Ef að rafurmagnsmælir *Henleys* er settur á leiðandann, þá reynist það og, að hann hefir lítils eða alls einkis í mist af sínu rafurmagni fyrir það, þó

hann vekti rafurmagn stángarinnar. Viðvíkjandi þessu skulum vèr nú setja á oss fáeinar atriðisgreinir.

1. Af tilraunum þeim, sem síðast var um getið, er það auðsjáanlegt, að hvorttveggja rafurmagnið hlýtur frá upphafi að vera til í látunsstaunginni, og samband þess hvors við annað er með þeim hætti, að þau eyða hvort öðru algjörlega, eða ónýta hvort annað. — Framrafurmagn $(+E)$ leiðandans r dregur bak-rafurmagn $(-E)$ stángarinnar cc' að sèr, en hrindir hinu $(+E)$ frá sèr. Við þetta skiljast rafurmögn stángarinnar að, þau er áður voru saman blönduð. Bak-rafurmagn hennar safnast saman við c', en fram-rafurmagnið við c, eða þann endann, sem fjær er leiðandanum r. Þegar leiðandinn nær ekki framar til að hafa áhrif á staungina, þá sameinast aptur rafurmagn hennar algjörlega, og cc' virðist að nýju vera rafurmagnslaus. En ef maður snertir staungina á meðan hún liggur fyrir áhrifum leiðandans r, þá rennur við það allt fram-rafurmagn hennar á burt, svo að þar verður ekki annað eptir en bak-rafurmagnið, og þar af leiðir, að staungin er þá rafurmögnuð, þó hún sè tekin frá leiðandanum.

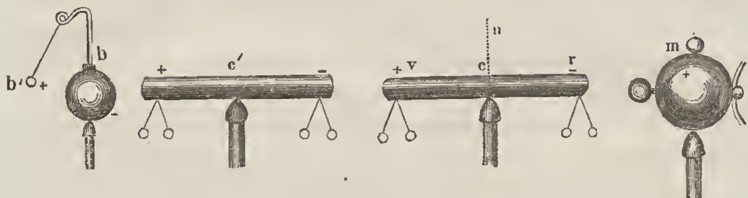
2. Það sem vèr höfum nú orðið varir við á staunginni cc' kemur og allt saman meira eða minna fram á hverjum öðrum leiðanda, sem eins er einángraður, og síðan fluttur í nánd við rafurmagnaðan líkama.

3. Af þessu, sem hèr hefir verið reynt, drögum vèr þá ályktun, að allir leiðandi líkamir sè í eðli sínu rafurmagnaðir, jafnvel þó að þess sjáist engin merki, vegna þess að báðar tegundir rafurmagnsins eru þar svo jafnt saman blandaðar. — Þetta hið hulda rafurmagn eru menn vanir að kalla bundið $(\pm E)$ rafurmagn. En það ætlum vèr ljóst af því undangengna, að núníngur líkamanna vekur rafurmagnið einúngis á þann hátt, að hann aðskilur tegundir þess, svo að þær verða hvor út af fyrir sig athugaðar. Þetta er meðal annars auðráðið af því, að jafnan er sín rafurmagnstegund í hvoru: líkamanum, sem núinn er, og þeim, sem núið er með.

4. Sèrhver sá líkami, sem af skilnaði rafurmagnstegundanna er orðinn rafurmagnaður, líkt og látúnsstaungin cc', hefir aptur aðgreinandi áhrif á annan líkama, sem er nógu nærri honum. — Þetta er hèr sýnt

í 213., 214., 215. og 216. myndunum. 216. myndin er leiðandi á rafurmagnsvèl nokkurri, en 215. myndin er hin fyrsta og 214.

213. mynd. 214. mynd. 215. mynd. 216. mynd.



hin önnur einángraða látúnsstaung. Í 213. myndinni er *b* dálítil látúnskúla á glerstólpa, en *b'* kúla úr hyldimerg. Merkin + (*plus*) og — (*minus*) sýna hvar hvor rafurmagnstegundin kemur fram á tólum þessum.

5. Svæði það, sem rafurmagn líkamans verður markað á, eða fundið, kalla menn starfsvæði rafurmagns þess líkama. Neistasvið líkamans er allt annað, því það táknar það svið eða vegalengd einúngis, sem rafurmagnsneisti líkamans getur farið um, í móti aðkomanda leiðanda. Gæði rafurmagnsvèlarinnar eru miðuð við neistasvið hennar. Því lengra sem leiðandi hennar getur sent neista sína, því betri er vèlin. Þær rafurmagnsvèlar eru til, sem hafa kastað neistum sínum 24 þumlúnga lángan veg út frá leiðandanum. Náttúrufræðíngurinn *van Marum* á Hollandi á eina af þessum stórkostlegu rafurmagnsvèlum.

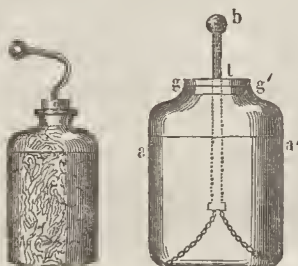
8.

HIÐ AUKNA RAFURMAGN.

Þegar vèr erum nú búnir að athuga, með hvílíku afli að neistarnir fljúga út af leiðandanum á rafurmagnsvèlinni, þá tökum vèr fyrst þetta einfalda ker, sem að stærð, lagi og efni er öldúngis eins og hvert annað ölstaup. 217. og 218. myndirnar eru og uppdráttur af kerum tveimur, sem opt eru höfð í staðinn fyrir ölstaupið. Það er eptirtektaverðast við kerin, að þau eru öll saman silfurgrá að utan, og annaðhvort að mestu eða öllu leyti að innanverðu. Stundum eru þau og fyllt með járnsvarfi, í

staðinn fyrir að hafa þau silfurlit að innan. Niður um opið á kerunum gengur látúnsþráður, og er hann áfastur við hina innri silfurhúð þeirra. Að ofanverðu er dálítil kúla eða hnappur á enda þeirra. Ef vèr getum dregið húð af blaðatini (*Stanniol*) á trè eða brèf — eins og minnzt var á hèr að framan, í 3. gr., — þá mun oss einnig takast að draga hana á ölstaupið eða glerkerið. Þó þarf þar mikillar nákvæmni við og aðgætni. Hin innri húð þarf t. a. m. að vera öldúngis einángruð, og látúnsþráðurinn að ná 2 eða 3 þumlúnga upp úr kerinu.

217. mynd. 218. mynd.



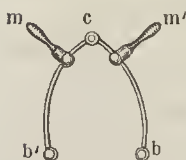
Þessu næst snúum vèr nú rafurmagnsvèlinni með annari hendi, en með annari hendinni höldum vèr utan um kerið, og þar á, sem húðin er á því. Síðan berum vèr kerið svo nærri leiðandanum, að allt rafurmagnið hlaupi úr honum í látúnshnappinn og í hina innanverðu húð kersins. (Allt eins væri það og gott, að hin innri húð kersins væri sameinuð hendinni, eða jörðinni, og hin ytri þá leiðanda vèlarinnar). Nú tökum vèr kerið frá leiðandanum og tökum annari hendi á látúnskúlunni. Kemur þá neisti út úr henni, og það miklu meiri, heldur en úr rafurmagnsvèlinni, og með þessum neista finnur maður til undarlegs höggs eða kipps. Vèr tökum nú tilraunina upp aptur, en höfum glertöflu þá, sem hèr er sýnd í 219. myndinni, í staðinn fyrir kerið eða flöskuna. Þessi glertafla er kölluð Franklínstafla. Báðumegin er dregin á hana húð af blaðatini og randirnar eru með „fernísheið" á. Til þess að neistar komi og snark heyrist í töflunni, þá er tinhúðin á annarihvorri hlið hennar sett í leiðanda samband við leiðandann á rafurmagnsvèlinni, en hinn við jörðina, og síðan er vèlinni snúið slíkt sem af tekur. En sökum þess að ekki er örvænt um, að affermíng (*Udladning*) glertöflunnar kynni að valda tjóni, ef hún er gjörð á sama hátt og áður var sagt, þá tökum vèr nú tól nokkurt,

219. mynd.



sem kallað er affermandi (*Udlader*), og ætlað er til þess, að taka burtu með rafurmagnshleðslu líkamanna. Affermandinn er hèr sýndur í 220. myndinni. Hann er líkastur taung í laginu, og eru sköptin *m* og *m'* einángruð; armarnir *bc* og *b'c* eru úr digrum látúnsþræði, og er sín látúnskúla *b* og *b'* framan á hvorum þeirra. Þolinmóðurinn er *c*. Vèr leggjum nú aðra kúluna, t. a. m. *b*, á fremra flöt töflunnar, á tinhúðina, og látum svo hina kúluna *b'* smá-þokast að bakfleti hennar. Koma þá allt einir tindrandi neistar úr töflunni móti kúlunni. — En nú verðum vèr að setja á oss fáeinar atriðisgreinir, áður en vèr gjörum fleiri tilraunir.

220. mynd.



1. Þetta rafurmagn, sem nú hefir verið talað um, er kallað aukið, eða magnað, og urðu þeir dómherra *von Kleist* í Kamínarborg og *Cunæus* og *Muschenbroek* í Lundúnum allir nærri því jafn-fljótir að uppgötva það. — *Kleist* ætlaði að gjöra járnsvarf rafurmagnað, og hafði hann svarfið í glerstaupi. Hann leiddi rafurmagnið með nál frá vèlinni í svarfið, en snerti af tilviljun nálina með hendinni og fèkk þá ónotalegt högg af því. Líkt vildi og til þeim *Cunæus* og *Muschenbroek*, nokkrum vikum seinna. Menn hafa það fyrir satt, að þeir neistar hafi verið æði sterkir, sem *Muschenbroek* varð fyrir, því hann sagði á eptir að hann fèkk höggið: „Eg vildi ekki taka við öðru högginu eins, þó eg ætti að vinna til konúngdóms á Frakklandi." Áhöldin sem höfð eru til þess að auka rafurmagnið eru kölluð rafurmagnsaukar.

2. Ekki má maður hlaða flöskuna nè töfluna um of. — Orsakirnar til þessa verða seinna sýndar. Hleðsla rafurmagnsaukanna er mjög varúðarverð, og ættu menn jafnvel að telja neistana, svo menn vissi hvað mikil hún væri. Ef að hleðsla tólanna er of mikil, þá þarf ekki að búast við því, að tilraunirnar heppnist vel. Þegar neistarnir frá leiðanda rafurmagnsvèlarinnar eru farnir að verða daufir, þá er ætíð mál að hætta að hlaða, því það er merki þess, að rafurmagnsaukinn er þá fullhlaðinn orðinn og þarf að verða affermður. En áður en vèr segjum orsökina til þessa, skulum vèr fyrst gjöra tilraunir nokkrar.

Þegar vèr hlóðum flöskuna hið fyrra skiptið, þá höfðum vèr leiðanda milli húðarinnar öðrumegin og jarðarinnar. Nú skulum

vèr setja hana á glerdisk, til þess að einángra hana, og svo hlöðum vèr hana eins og áður. En hvað ákaft, sem vèr snúum nú vèlinni, þá verða þó neistarnir úr henni daufir mjög, og er það vottur þess, að svona einángruð flaska tekur ekki við neinni hleðslu.. þetta er nú afleiðíng eða ályktun þessarar tilraunar. — Flaskan stendur enn á diskinum, og hin innri húð hennar er enn í nánd við leiðandann á rafurmagnsvèlinni, og nú skulum vèr enn reyna til að hlaða hana í þriðja sinni. En vèr skulum hafa nýja aðferð til þess. Vèr skulum taka látúnsfesti, og leggja hana frá hinni ytri húð flöskunnar og á núníngsumbúnínginn á vèlinni, og látum hana ekki vera í neinu öðru sambandi við leiðandi líkami. Á sama augnabragðinu og affermandinn snertir kúluna á látúnsstaunginni með öðrum arminum, þar sem annar armur hans liggur við innri húð flöskunnar á meðan, þá kemur neisti, sem að minnsta kosti er engu minni, en við hina fyrri hleðslu. — Vèr hlöðum nú flöskuna í fjórða sinn, og setjum hana síðan á einángrunardiskinn. þar næst snertum vèr ýmist tinhúðina eða látúnshnappinn, og með þessum hætti koma ekki úr henni nema einúngis daufir neistar. En með því að þeir eru lengi að koma, þá er auðsèð, að affermíngin getur eins orðið smátt og smátt, eins og allt í einu. þetta sèst enn betur með því, að hlaða Franklínstöfluna og hengja sinn rafurmagnshengilinn á hvora hlið hennar, eins og sýnt er í 221. myndinni (þar er taflan látin sjást á rönd). Á meðan annar hengillinn hángir beint niður með töflunni og snertir húð hennar, þá firrist hinn hengillinn hana, vegna þess að hinumegin er meira af rafurmagni töflunnar. Ef að maður drepur nú fíngri sínum á þessa hlið töflunnar, þá lyptist sá hengillinn frá henni, sem áður hèkk beint niður, en hinn fellur að henni, og þessu halda þeir áfram, svo lengi sem nóg rafurmagn er í töflunni, og hún er snortin sínu megin í hvort sinn. — Enn hlöðum vèr flöskuna hið fimta sinn. Ef vèr viljum hlaða hana með framrafurmagni, þá leggjum vèr látúnsfestina aptur á núníngsumbúníng vèlarinnar og látum hana ná ofan á jörðu. þar eptir hlöðum vèr flöskuna og setjum hana á einángranda nokkurn. Síðan látum vèr rafurmagn flöskunnar renna í dálitla látúnstöflu og prófum það. Reyn-

221. mynd.



ist það þá, að það er fram-rafurmagn, sem kemur innan að úr flöskunni, en bak-rafurmagn er hitt, sem kemur úr ytri húð hennar. — Vèr skulum nú hætta um stund með tilraunirnar, og athuga skýríngar þær, sem náttúrufræðíngarnir hafa fyrir laungu gjört um þetta efni.

Vèr skulum veita hinni innri húð kersins eða flöskunnar eitthvert visst rafurmagn, t. a. m. fram-rafurmagn, og þá myndast samstundis starfsvið nokkurt í efni hennar, sem nærri því undir eins nær hinu bundna rafurmagni í ytri húðinni. (Merkin fyrir því eru þá $+E$). En við þetta skiljast rafurmögnin að, og er það áður sýnt, hvernig þessi aðskilnaður verður. Ef ytri húðin á kerinu er ekki einángruð, eins og gjört var ráð fyrir við hina fyrstu, fjórðu og fimtu tilraun, þá rennur fram-rafurmagn hennar niður í jörðina, en bak-rafurmagnið breiðist út um allan flötinn. En þetta hið síðast talda rafurmagn bindur fram-rafurmagn hinnar innri húðar. Með þessum einum hætti verður það unnt, að neyða hina innri húð kersins til að taka við rafurmagni frá leiðanda vèlarinnar að nýju. Þetta er orsökin til þess, að flaskan getur tekið við svo fjarskalega miklu rafurmagni, en vèr eigum eptir að gæta að því, hvers vegna ekki má hlaða hana nema svo eða svo mikið, og skal þá gjöra það nú þegar. Eins og rafurmagn hinnar innri tinhúðar á kerinu hefir sitt vissa starfsvæði, svo hefir það og sína vissu neistakastsvídd. Neistakastsvíddin eykst við hvern neista, sem í flöskuna kemur, og ef hleðslunni er of lengi haldið áfram, þá nær hún að lokunum út að hinni ytri tinhúð á kerinu. Þegar svo er komið, þá er flaskan vön að afferma sig sjálf með ógnarlegu afli; sprengir þá rafurmagnið flöskuna nærri því ætíð, og sundrar öllu og tvístrar, sem fyrir verður, og hegnir manni þannig fyrir óvarkárni sína á skelfíngarfullan hátt. Enn fremur sáum vèr, að á meðan flaskan stóð á einángrunar-diskinum, þá tók hún við mjög litlu rafurmagni (2. tilraun), en seinna, þegar búið var að leggja leiðanda á milli núníngsumbúníngsins og hinnar ytri húðar á flöskunni, þá tókst hleðslan ágæta vel (3. tilraun). — Hvernig á nú að gjöra sèr þessa viðburði skiljanlega? — Ef að ytri húð flöskunnar er fullkomlega einángruð, og þess vegna ekki í neinu leiðanda sambandi við núníngsumbúnínginn, þá getur fram-rafurmagn hennar auðsjáanlega hvorki komizt á burt, nè bak-rafurmagnið komizt í samband við fram-rafurmagn hinnar innri húðar. En eins og það er til einkis, að halda áfram að strokka

loptsþynníngarvèlinni, þegar loptið innan í henni getur ekki lengur lypt upp felliblöðkunum, svo er og hver snúníngur á rafurmagnsvèlinni til ónýtis, þegar rafurmagnsauki hennar er hættur að geta bundið hin gagnstæðu rafurmögn. — Ef að leiðandi nokkur er á milli flöskunnar og núníngsumbúníngsins (3. tilraun), þá rennur allt fram-rafurmagn hinnar ytri húðar í koddana, en þaðan fer það aptur umsvifalaust í hjólið eða sívalnínginn, og svo til hinnar innri húðar á flöskunni. Þannig komast þá húðirnar á flöskunni einatt í gagnstæðara og gagnstæðara rafurmagns-ástand hvor við aðra. Ekki er skýríng hinna annara viðburða á flöskunni torveldari. Ef flaskan er til að mynda sett á glerdisk, eptir það búið er að hlaða hana, og maður drepur fíngri sínum á látúnskúluna, þá fer það eitt rafurmagn úr flöskunni, sem umfram er, eða hið óbundna rafurmagn hinnar innri húðar. En með þessu er bandið á rafurmagninu í hinni ytri húð flöskunnar veikt, svo að ef maður nálgast hana, þá sprettur þar dálítill neisti fram á móti manni. En eins og hinn fyrri neisti hefir áhrif á bandið á rafurmagni ytri húðarinnar, eins hefir og þessi neistinn áhrif á band hinnar innri húðar, og látúnskúlan er að nýju til búin með neista frá henni. Þannig veikja þá hin innri og ytri tinhúð flöskunnar hvor annarar rafurmagnsbönd, og hætta því ekki fyr en flaskan er orðin rafurmagnslaus með öllu. En vèr skulum aptur byrja á tilraunum vorum.

Það má láta hvað marga menn, sem vera skal, finna til rafurmagnshöggsins alla í einu. Til þess þarf ekki annað, en að mennirnir standi í hríng og haldi hver í hendina á öðrum, og að annar yzti maðurinn snerti ytri húð flöskunnar, um leið og hinn yzti maðurinn snertir látúnshnappinn. Þessi tilraun heppnast, þó að sinn helmíngur af mannfjöldanum standi hvorumegin við á eða læk. Þegar það er, eru menn vanir að reka sinn stólpa niður á hvorum árbakkanum, og þenja járnþráð á milli þeirra, en ekki má þráðurinn snerta vatnið. Síðan eru allir mennirnir öðrumegin árinnar látnir raða sèr niður og taka höndum saman. Fyrsti maðurinn í röðinni er látinn halda í járnþráðinn, sem milli stólpanna er, en yzti maðurinn í hinum raðarendanum hefir sverð í hendinni og stíngur því niður í vatnið. Eins er og mönnunum raðað niður hinumegin við ána. Að lyktum er hafður leiðandi milli hinnar ytri húðar á hæfilega hlaðinni rafurmagnsflösku og járnþráðarins, og hinn fyrsti maður í röðinni drepur fíngri sínum á

látúnshnapp flöskunnar. Finna þá allir mennirnir, báðumegin árinnar, til rafurmagnshöggsins í sama augnabragðinu. — Vèr skulum nú breyta nokkuð tilrauninni og láta mennina ekki halda höndum saman, heldur spirna saman fótunum, nema yztu mennirnir verða að bera sig eins að og áður. það sem nú er undrunarverðast, er það, að yztu mennirnir finna kippinn eða höggið bæði í höndum og fótum, en hinir allir í fótunum einúngis: það er, að þar fær hver höggið, sem rafurmagnið fer inn og út. Við fyrri tilraunina fór rafurmagnið hönd úr hendi, gegnum endilánga handleggina, og ef hleðslan er nóg, þá fer það í gegnum brjóstið.

Að endíngu getum vèr þess, að margar breytíngar fleiri má gjöra á þessum tilraunum, t. a. m. að láta raðirnar vera slitnar í sundur, o. s. frv. En vèr ætlum ekki að tefja oss á að lýsa þeim viðburðum, sem þá koma fram, heldur skulum vèr segja frá einni tilrauninni enn. Til hennar höfum vèr dálítið hús úr brèfum, og skulum vèr ekki eyða laungum tíma til þess að virða fyrir oss húsið sjálft, turna þess, hurðir, reykháfa og annað þesskonar. þar á móti skulum vèr athuga húsbúnaðinn, eða þá hluti, sem eru inni í húsinu og eru þessir hinir helztu þeirra: 1. skápar úr blaðatini, sem standa á gólfinu í húsinu; 2. látúnsþráður, sem liggur út af þakinu og niður með veggnum á baka til, og endar í nánd við rafurmagnsleiðandann í dálítilli fagurri látúnskúlu; — 3. margir eldfimir líkamir, t. a. m. viðarull, „kolófoníum" o. s. frv., sem liggja hèrumbil á þeim stað, sem blaðatinsrákin er á og kúlan á látúnsþræðinum. — Vèr hlöðum nú rafurmagnsflöskuna og sameinum þar næst hina ytri húð hennar og blaðatinsrákina. Að síðustu leggjum vèr kúlurnar á affermandanum á hina efstu depla á látúnsþráðunum, sem annar liggur inn í húsið, en annar inn í flöskuna. Hlaupa þá neistar eptir látúnsþræði hússins og kveikja í hinum fyr-nefndu eldfimu líkömum. — Lesendunum er nú ætlað að geta sèð, hvernig allt þetta atvikast, en þess eins getum vèr, að leiðendurnir náðu ekki öldúngis að hinum eldfimu líkömum, svo að rafurmagnið stökk þar út í neistum og náði þeim á þann hátt.

Nú tökum vèr glertöflu eina í trèumgjörð. Hún er ferskeytt, og hèrumbil fet á hvern veg, og er henni skipt í 4 rètthyrnda ferhyrnínga. Fyrsti ferhyrníngurinn er stráður með eirsvarfi, annar með látúnssvarfi, þriðji með tinsvarfi og fjórði með járnsvarfi. Svarfið er límt á töfluna með góðu lími, og sakar ekki þó röðin

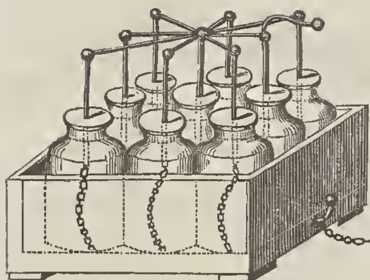
sè önnur, en hèr var sagt. Hèr að auki liggja og tvær blaðatins-rákir yfir umgjörðina, og nærri því að ferhyrníngunum. Aðra tinrákina setjum vèr í samband við rafurmagnsleiðanda nokkurn, og aðra við leiðandann á rafurmagnsvèlinni. Spretta þá upp allt einir neistar, sem þjóta úr einu svarfkorninu í annað, og gjöra alla töfluna skínandi bjarta. Þessi tafla er með öllum rètti kölluð eldíngaspjald (*Lyntavle*). Menn hafa og annað eldíngaspjald, sem er þessu frábrugðið í því, að blaðatinsstykkin eru þar í allt einum krákustígum, og einsog benda þannig neistanum á þann veg, sem hann á að fara um töfluna. Vegna þess að neistinn kemur ætíð þar fram, sem rafurmagnsstraumur leiðandans slitnar eða brýtur, þá er það auðsætt, að með því geta menn gjört ymsa hina fegurstu ljósaprýði eða ljósskraut (*Illumination*). Menn hafa og til þau tól, sem kölluð eru eldíngasúlur eða neistaflugsstólpar, og margt fleira því líkt.

RAFURMAGNSKASTALINN.

Því stærri sem hinn tinlagði flötur rafurmagnsflöskunnar er, þess aflmeiri verða og neistarnir, sem spretta upp úr henni í móti leiðandanum við affermíngu flöskunnar. Þetta sèst glöggt af tilraunum þeim, sem á er minnzt hèr að framan, þegar þær eru gjörðar með mis-stórum flöskum. Eins er það og auðsjáanlegt, að ef neistarnir úr 2, 3, eða fleiri flöskum eru allir sameinaðir í einn neista, þá hlýtur hinn sameinaði neisti að verða miklu stórvirkari og óttalegri, en einn og einn neisti úr hverri flöskunni út af fyrir sig. En hvernig verður þessi sameiníng gjörð?

Hèr höfum vèr ferhyrndan stokk með 9 rafurmagnsflöskum í. Vèr tökum þær fyrst upp allar saman, og sjáum að þær standa á blaðatinshúð, sem dregin er á botninn í stokknum. Hèr að auki sjáum vèr, að festi ein liggur um allar 9 látúnsstengurnar. Þannig er þá tinhúðin undir flöskunum leiðandi sá, sem sameinar allar flöskurnar að utanverðu, en festin er sá leiðandi, sem sameinar þær allar að innanverðu. Vèr setjum nú allar flöskurnar niður aptur á sinn stað í stokknum, og þegar svona er um búið, þá eru þær allar saman eins og ein flaska, sem hefði eins stóra tinhúð, eins og þær hafa allar saman. Í 222. myndinni er og sýnd önnur aðferð til þess að sameina flöskurnar bæði utan og

222. mynd.



innan, og er myndin svo ljós, að vèr ætlum að hún þurfi engrar skýríngar við. það köllum vèr rafurmagnskastala (*elektrisk Batteri*), þegar margar rafurmagnsflöskur eru sameinaðar á líkan eða sama hátt og nú hefir verið sagt frá.

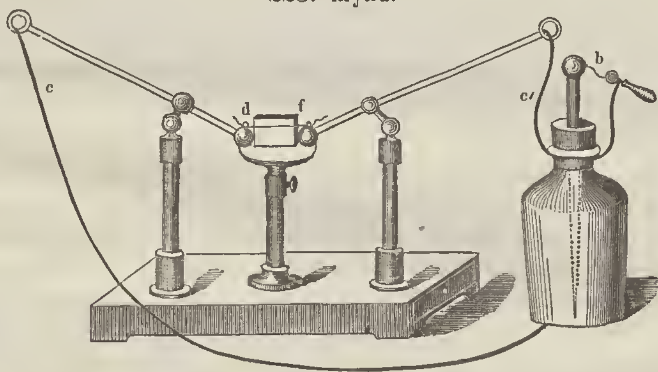
þegar hlaða skal rafurmagnskastalann, þá tekur maður hinn lausa enda á festi þeirri, sem liggur utan um alla látúnsþræðina í flöskunum, og leggur hann á leiðanda vèlarinnar. En önnur festi liggur frá tinhúðinni í stokknum og ofan á jörðu. Hleðslan sjálf fer fram á þann hátt, sem áður er frá skýrt við eina flösku. En til þess að vita þá nokkurnveginn hvað hleðslunni líður, þá setjum vèr hèr fáeinar aðalreglur, sem manni ber þá að gæta: 1. maður telur við hverja tilraun snúníngana á hjólinu í vèlinni, því það getur síðan orðið mikils vert að vita, hvað marga snúnínga þarf til þeirrar eða þeirrar hleðslu; — 2. setur maður rafurmagnsmæli *Henleys* á leiðandann í vèlinni, og athugar jafnframt, á hvaða stigi mælirinn nemur síðast staðar við sèrhverja tilraun; það getur seinna orðið leiðarvísir við hleðsluna; — 3. leggur maður látúnsstaung nokkra yfir þráð þann, sem sameinar allar flöskurnar að innanverðu, en á enda stángarinnar er kúla, $\frac{1}{4}$ þumlúngs að þvermáli, og nær staungin að minnsta kosti 2 þumlúnga lángt út fyrir kastalann á tvo vegu. Nú reynum vèr smátt og smátt, hvað lángt affermandinn má vera burtu frá kúlu látúnsstángarinnar, til þess að neistinn spretti upp á móti honum. — 4. Hlustar maður vandlega eptir því, hvort ekki heyrist snarka í á milli flaskanna, því það er visst mark þess, að annaðhvort er þá kastalinn orðinn of hlaðinn, eða einhver flaskan er biluð, og er þá ekki annað að gjöra en afferma þær hið bráðasta.

Vèr skulum nú enn gjöra tvær tilraunir með rafurmagnskastalanum. — Vèr tökum tvær ræmur af ósviknu gullbrèfi (*Guldpapir*) og þrjár dálítið mjórri ræmur af gluggagleri. Glerræmurnar eru hafðar hèrumbil 3 þumlúnga lángar og 1 þumlúngs

breiðar. Þær eru lagðar hver ofan á aðra á þann hátt, að gullbrèfsræmurnar liggja önnur undir, en önnur ofan á þeirri glerræmunni, sem í miðið er. Brèfræmurnar standa á alla vegu dálítið út af glerræmunum. Að því búnu hlöðum vèr kastalann vel og leiðum neistana að gullbrèfsræmunum. Ríður þar þá högg á eptir og vèr sjáum: 1. að hin efsta og neðsta glerræman fer optast nær í sundur, en að sú í miðið hefir á dálitlum bletti fengið á sig gullslit, sem ekki næst af; — og 2. að auk þessa bletts sjást að eins lítil merki gullsins til og frá á glerræmunum. Neistinn hefir þá brædt gullið þar sem blettirnir eru, og einsog knúð það um leið inn í glerið. — Vèr hlöðum nú kastalann í annað sinn, og tökum spilabrèf nokkur, höldum þeim þètt saman og leggjum þau ofan á látúnskúluna á rafurmagnsflöskunni. Síðan höldum vèr annari álmu affermandans á ytri húð flöskunnar, en berum hina yfir spilabrèfin. Fara þá neistarnir í gegnum öll saman spilabrèfin og gjöra gat á þau. En það er eptirtektavert um gatið, að randir þess eru dálítið brettar upp, líkt og þegar menn drepa gat á járn eða einhvern málm annan.

Að lyktum skulum vèr nú færa til dæmi nokkur upp á hið mikla afl, sem er í rafurmagsneistum stórra kastala. — Leggi maður járnþráð á milli *d* og *f* í 223. myndinni*), og láti síðan renna eptir honum neista úr þeim kastala, sem er með 20 eða

223. mynd.



*) Myndin er uppdráttur af hinum vanalega affermanda *Henleys*. Festin *c* sameinar annan arm hans við hina ytri húð flöskunnar. Hin festin *c'* hángir niður frá hinum arminum og endar í einángruðu kúlunni *b*.

30 ferhyrníngsfeta stórri blaðatinshúð á, þá hitnar hann töluvert, af því að hann er of mjór til þess, að geta einsog losað sig nógu fljótt við svo mikið rafurmagn, sem þá berst að honum. það er og ekki dæmalaust, að þráðurinn hefir þá bráðnað og slett dropunum út frá sèr á alla vegu, eins og sjóðanda járn. Dálítið högg gjörir ekki neinn fjarskalegan hita á járnþræðinum. Hefði nú 3 eða 4 þumlúnga laung og örmjó blaðatinsræma verið fest á milli kúlnanna *d* og *f*, þá mundi hún hafa horfið burtu og orðið að gufu (gufað burtu, rokið upp), gufan aptur kalkazt (*oxyderet*, iltazt?); og svifið um í lausu lopti og myndað allt eina þræði, ekki ólíka kóngulóarvef. Enn öðruvísi hefði þetta orðið, ef vèr hefðum haft gullvafða silkiþræði á milli kúlnanna *d* og *f*. þegar þeir eru öðrumegin stroknir að endilaungu með hvítu brèfi, þá sýna þeir berlega hraða þann, sem rafurmagnshöggið flýgur með eptir efnispörtum hins leiðanda líkama. Gullið gufar þá upp og kalkast (iltast), en brèfið fær á sig gulleita rák. Silkið er eins eptir og áður. Við allar þessar tilraunir hitna góðir leiðendur miklu betur en slæmir, og því meira sem þeir eru betri. Með affermanda *Henleys* má og láta rafurmagnsneistana gjöra gat á glerflögu. Menn taka þá tvo títuprjóna og festa þá þannig sinn hvorumegin við glerflöguna með vaxi, að oddarnir stefni hvor á móti öðrum. Síðan er þessi umbúníngur settur á milli kúlnanna *d* og *f* á affermandanum, á þann hátt, að prjónahöfuðin snerta sína þeirra hvort. þar sem neistinn kemur á glerið, sèst ekkert á því að utanverðu.

Höggið af meðallagi stórum rafurmagnskastala drepur bæði fugla, hèra og önnur smádýr á einu augnabragði. Af þesskonar dýrum hefir rafurmagnshöggið einna minnst áhrif á hýðisorminn (*Larve*), og drepur það hann ekki. Jarfinn (*Fielfras*) þolir jafnvel að verða fyrir höggum lopts-rafurmagnsins, og fer opt og einatt ferða sinna upp og ofan um eikur þær, sem skruggu-eldíngum slær niður í. Ekki hafa menn enn komizt eptir því, að limir dýranna aflagist neitt eða skemmist við það, þó þau hafi látið líf sitt fyrir rafurmagnshöggi.

Hinn frægi náttúrufræðíngur *van Marum* í Hollandi tók 4 þumlúnga háfan og viðlíka digran buxviðarkubb sívalan og dró látúnsþræði í gegnum möndul hans. Síðan lèt hann rafurmagnsneistann hrökkva á þessa þræði, og þá jafnframt fara í gegnum

viðarmegn kubbsins, og klofnaði hann við það. En til þess þurfti neistinn að hafa hèrumbil 9000 punda afl.

þegar neistarnir eru látnir hrökkva út í loptið, þá þenst það svo mjög í sundur, að það getur hæglega kastað burtu dálitlum kúlum, eða ef að tveir þræðir liggja í gegnum glersívalníng, og neistinn lendir á milli kúlnanna *b* og *b'* (í 224. mynd), þá knýr hann litaðan lög nokkuð upp eptir pípunni *t t'*, sem hefir samgaung við sívalnínginn. þetta tól er kallað rafurmagnshitamælir *Kinnersleys*. því hærra sem lögurinn fer eptir pípunni *t t'*, því aflmeiri hefir neistinn verið, sem þandi út loptið í henni. þessu er öldúngis eins varið um vatnið, eins og um loptið. Menn geta sprengt hinar sterkustu glerpípur á þenna hátt með vatni.

224. mynd.



9.

RAFURMAGNSBERINN (*ELEKTROPHOR*).

Rafurmagnsberinn er miklu óbrotnara tól og einfaldara, heldur en rafurmagnsvèlin. Vilji maður búa til handa sèr rafurmagnsbera, þá er fyrst að útvega sèr blöndu þá, sem í eru 10 partar af kvoðulakki (*Gummilak*), 3 partar af harpix, 2 af Feneyjaterpentínu, 2 af vaxi og ½ af tjöru. þar næst fær maður sèr krínglótta pjáturtöflu, sem er hèrumbil eitt fet að þvermáli, og skal allt í kríng á rönd hennar vera hèrumbil ¼ eða ¾ þumlúnga há bryggja. Öllum hinum harpixkenndu líkömum er nú varpað í deiglu og bræddir, síðan er þeim hellt á töfluna og farið yfir þá með flötu járni, bráðheitu, þángað til að þeir storkna aptur. Harpixblandan á nú að vera orðin föst við pjáturtöfluna og vera sprúngulaus, og nærri því eins slètt og fögur ofan eins og skuggsjárgler. þetta er kallað mót (*Form*), og því nafni munum vèr nefna það hèr eptir. þessu næst tökum vèr aðra málmtöflu, eða þá trètöflu með blaðatinshúð á. það er kallað lok og er athuganda um það: 1. að þegar það er lagt ofan yfir miðdepilinn í mótinu, þá má það hvergi ná mjög nærri út að brúnum þess.

(þvermælir loksins má ekki vera meiri í samanburði við þvermæli mótsins, en 7 eru í samanburði við 8). 2. Lokið verður að vera án allra horna og brúna, sem auðveldlega gætu ollað því, að rafurmagnið streymdi burt; — og 3. verður lokið að hánga á 3 vel hreinum silkiþráðum, til þess að það sè sem allra bezt einángrað. *Alexander Volta*, sem á sínum tíma var allra manna kunnugastur rafurmagninu, og kennari í eðlisfræði við háskólann í Pavíaborg, hitti á tilbúníng þessa tóls, sem vèr höfum nú lýst, árið 1775. Til þess að vekja rafurmagnið í tóli þessu þarf ekki annað, en núa harpixflötinn með kattarskinni, eða berja hann með vel þurru tóuskotti. — En vèr skulum nú snúa oss að tilraunum þeim, sem gjöra má á rafurmagnsberann.

1. tilraun. — Harpixflöturinn er gjörður rafurmagnaður, síðan er lokið einángrað sett ofan á hann og snortið með fíngurgómi eða hnúa, og í sama augnabragði kemur dálítill neisti úr lokinu, sem stíngur mann sárt. Vèr tökum tilraunina þegar upp aptur, en í stað þess að snerta lokið með fíngrinum berum vèr nú rafurmagnsmæli að því, og reynum hvor rafurmagnstegundin það er, sem hèr kemur fram. Finnum vèr þá, að það er bakrafurmagn.

2. tilraun. — þegar vèr erum nú aptur búnir að vekja rafurmagnið í harpixkökunni, þá leggjum vèr lokið ofan á hana eins og áður, og látum það liggja þar kyrt nokkrar sekúndur. Síðan lyptum vèr upp aptur lokinu, án þess að hafa tekið úr því nokkurn neista. það eru varla dæmi til, að nú beri á nokkru rafurmagni í tóli þessu, hvað næman leiðanda sem menn hafa til þess að reyna það með. Ef það ber við, þá er það ekki nema annaðhvort af því, að það eru ójöfnur á harpixfletinum, eða kakan hefir verið núin ákaflega mikið.

3. tilraun. — Harpixkakan er gjörð rafurmögnuð í mótinu, og lokið látið ofan yfir á sinn stað. því næst látum vèr: 1. hinn veika neista stökkva upp í fíngur vorn (eins og í 1. tilraun); 2. hefjum síðan upp lokið einángrað; og 3. færum að því leiðanda nokkurn (eins og í 1. tilrauninni). Með þessari aðferð fáum vèr fáeina stóra neista úr rafurmagnsberanum. En að þessu sinni er það fram-rafurmagn, sem hèr kemur fram.

4. tilraun. — Híngað til höfum vèr ætíð snortið lokið á rafurmagnsberanum, en nú breytum vèr til og setjum annan fíng-

urinn á mótið, en annan á lokið. Finnur maður þá högg nokkurt eða kipp í sèr, svo að manni hnykkir dálítið við.

3. tilraun. — Vèr berjum nú harpixflötinn með vel þurru tóuskotti, og setjum síðan lokið ofan á hann. Komi engin væta eða neitt annað óviðkomanda að tóli voru, þá má það standa í viku eða jafnvel mánuð, þángað til vèr vitjum aptur um það, og er það þá enn rafurmagnað. Af þessum orsökum hafa menn og kallað tól þetta rafurmagnsbera.

Við allar tilraunir vorar höfum vèr lypt lokinu upp á þann hátt, að neðri flötur þess hefir verið öldúngis jafnhliða efra fleti harpixkökunnar í mótinu. Þessa ber og vandlega að gæta, því annars rennur rafurmagnið allt saman burtu úr lokinu undan hallanum.

Þegar að lesendur vorir eru nú dyggilega búnir að nema allt það, sem vèr höfum sagt hèr að framan um aðgreint rafurmagn og bundið, þá mun þeim ekki verða torsótt að nema það og skilja, sem sagt verður um það hèr á eptir.

Rafurmagnið skyldi nú vera vakið í harpixkökunni. Þegar lokið er þá lagt yfir hana, er það auðsèð, að það aðgreinir eða skilur rafurmagnstegundirnar, sem áður hafa verið saman í kökunni, því lokið dregur fram-rafurmagnið til sín, en hrindir bakrafurmagninu frá sèr. Af þessu hlýtur og hinn daufi neisti að spretta upp af lokinu, á meðan það liggur á harpixkökunni, og rafurmagn þess að reynast bak-rafurmagn. En þetta breytist aptur þegar lokið er tekið upp. Af þessu verða orsakirnar í 2. og 3. tilraun auðskildar. Þegar búið er að taka neistann úr lokinu á harpixkökunni, þá er og auðsèð, að bindíngu rafurmagnanna verður að vera lokið. En sè þar á móti bak-rafurmagnið kyrt í því, þá hverfur það aptur í sitt fyrra lag og veitir lokinu aptur hið bundna rafurmagn. Hægt er og að gjöra sèr grein fyrir hinni 4. tilraun. En vèr skulum þó skýra hana enn betur fyrir oss með 225. myndinni, sem sýnir hvernig rafurmögnin eru skipt í rafurmagnsberanum.

225. mynd.



Í yfirborði loksins er bak-rafurmagn ($-E$).

Í neðra borði loksins við harpixflötinn er fram-rafurmagn (+E).

Í efra borði harpixkökunnar er bak-rafurmagn (—E).

Í neðra borði harpixkökunnar er fram-rafurmagn (+E).

Í ytra borði mótsins, sem ekki er einángrað, er hvorttveggja rafurmagnið saman (+E).

Ef vèr einángrum undirstöðuna (*Basis*) og gjörum svo harpixkökuna rafurmagnaða, þá verður hún mögnuð bak-rafurmagni, og er hægt að gjöra á því fulla raun með rafurmagnsmælinum. Ber því þá saman við rafurmagnið í yfirborði loksins. Ef að lesendur vorir girnast að vita grein þeirra viðburða, sem tól þetta hefir dregið nafn sitt af, þá getum vèr þess, að það hefir sýnt oss nýtt lögmál fyrir veitíngu rafurmagnsins, en það er þetta: Ef að tveir stórir fletir liggja saman, og annar þeirra er leiðandi, en annar ekki, þá veita þeir hvor öðrum lítið eða ekkert rafurmagn.

Til þess að vèr sjáum, að rafurmagnsberinn getur í mörgu verið í staðinn fyrir rafurmagnsvèlina, og er ótæmandi uppspretta rafurmagns, úr því að hann hefir einusinni verið hlaðinn, þá setjum vèr nú tvær rafurmagnsflöskur við hliðina á honum. Ytri húð annarar flöskunnar er sameinuð mótinu í rafurmagnsberanum; hana tökum vèr og nemum með henni neista úr lokinu á honum, á meðan það liggur ofan yfir harpixkökunni. Þar eptir tökum vèr lokið frá harpixkökunni og nemum síðan úr henni neista með hinni flöskunni. Með þessum hætti er þá hin fyrri flaskan hlaðin bak-rafurmagni og hin síðari fram-rafurmagni. En þegar vèr affermum aptur flöskurnar, sjáum vèr, að þær eru ekki mjög hlaðnar (að hleðsla þeirra er lítil), og það hvað góður sem rafurmagnsberinn annars kann að vera. — Miklu fagrari en þessi tilraun er hin önnur, sem vèr höfum áður minnzt á, til þess að sýna með aðalmun beggja rafurmagnstegundanna. Vèr hlöðum flöskurnar sína með hvorri rafurmagnstegund. Þar næst gaungum vèr úr skugga um, að hvorugur þeirra tveggja rafurmagnsbera, sem hèr eru, sè rafurmagnaður. Tökum vèr þá aðra flöskuna um ytri húð hennar, og færum látúnshnapp hennar um yfirborð annarar harpixkökunnar. Sama gjörum vèr og með hinni flöskunni og hinum rafurmagnsberanum. Að því búnu tökum vèr lètt dupt, sem ekki er leiðandi, t. a. m. smá-mulið „kolófoníum", og stráum því á báðar harpixkökurnar. Duptið, sem hinn fyrri rafur-

magnsberi er stráður með, myndar allt eina geisla og þó misstóra, sem liggja út frá miðju harpix-flatarins. Geislarnir kvíslast allir. En það duptið, sem er á hinum rafurmagnsberanum, sem hlaðinn var með bak-rafurmagninu, hefir meira eða minna dregið sig saman í allt eina sammiðjubauga, geislalausa hrínga eða belti. Hinn þýðverski náttúrufræðíngur *Lichtenberg* er höfundur tilrauna þessara, sem annars má breyta á ymsa vegu. Enda eru og duptmyndir þær, sem vèr sögðum nú seinast frá, kallaðar *Lichtenbergs*-myndir.

Harpixkakan á mjög þátt í að vilja springa, einkum við öll skyndileg veðrabrigði, því harpix og málmur þenjast mjög misfljótt og mis-mikið í sundur. En til þess að varna því, eru menn vanir að geyma ekki harpixkökuna í mótinu, heldur lausa á látúnstöllu.

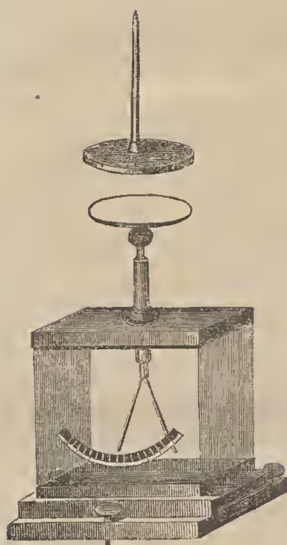
10.

RAFURMAGNSHLADAN (*KONDENSATOR*).

Eins og rafurmagnsberinn geymir lengi í sèr það rafurmagn, sem vakið hefir verið í harpixköku hans, þannig safnar og annað tól, sem mjög er líkt henni í laginu, rafurmagninu saman, og gjörir oss það sjáanlegt, nærri því hvað lítið sem vera kann í þeim eða þeim líkama. Þetta er tól það, sem vèr köllum rafurmagnshlöðu, því það er eins og rafurmagninu sè þar hlaðið saman.

Aðalpartar rafurmagnshlöðunnar eru hlemmurinn og hlöðubotninn. Hlemmurinn er og útaf fyrir sig kallaður safni (*Kollektor*), og er hann optast nær öldúngis eins og lokið á rafurmagnsberanum. Ætíð er látún haft í hlemminn, af því að hann er sjaldan hafður nema 2 eða 4 þumlúnga í þvermál. Hlemmurinn verður að vera svo slèttur, sem kostur er á, og með þunnri ferníshúð á að utan. Skapt er og á honum úr einhverjum einángranda. Hlöðubotninn er opt kallaður undirstaða (*Basis*), og er það annaðhvort látúnstalla eða marmarahella, sem þá þarf að vera vel þur og hituð. Bæði þessi aðalatriði rafurmagnshlöðunnar eru hèr sýnd í 226. myndinni. Þar er og enn fremur sýnt, hvernig undirstaðan verður skrúfuð niður á rafurmagnsmælirinn með gullblöðunum í, sem frá var sagt hèr að

226. mynd.



framan, eða hvernig rafurmagnshlaðan verður sett í samband við hann. það er auðsèð, að rafurmagnshlaðan er bæði lík Franklínstöflunni og rafurmagnsflóskunni. Hlemmurinn og hlöðubotninn eru hèr í staðinn fyrir hina ytri og innri tinhúð. Hið þunna harpixlag svarar öldúngis til hinnar þunnu einángrunar-glerflögu, þar sem það leiðir ekki rafurmagnið neinn veg. Munur þessara tveggja tóla er mestur í notkun þeirra. Á rafurmagnsberanum er rafurmagnið vakið í harpixtöflunni. Á rafurmagnshlöðunni er þar á móti vant að setja undirstöðuna í samband við einhverja rafurmagnsuppsprettu, sem ekki er mjög rík, og það á meðan að hlemmurinn liggur ofan yfir henni, og vèr styðjum annari hendi á hann. Með þeim hætti er hlemmurinn í leiðanda sambandi við jörðina. þegar svona er að farið, skiptist rafurmagnið nokkuð í hlemmnum, en tegundir þess sameinast þá jafn-framt í undirstöðunni. Svo lengi sem hlemmurinn liggur kyrr á undirstöðunni gefur hún ekki af sèr nein merki til rafurmagns. En sè honum lypt upp, og það svo lárètt sem auðið er, til þess að allir deplar flatanna skilji á sama augabragðinu, þá losnar hið bundna rafurmagn í undirstöðunni og rennur burt í gullblöðin, en þau flýja það eða hrinda því frá sèr. Ef vèr hefðum ekki tól þetta, þá væri það all-líklegt að vèr hefðum aldrei orðið varir við það hið litla rafurmagn, sem ymsir námalíkamir sýna í sèr við þrýstíngu (tópas, flotspat, silfurberg, o. s. frv.), við hitann (túrmalín, sem sín rafurmagnstegundin vaknar í hvorum enda á, o. s. frv.), eða við það, að snerta hverjir aðra (sem bráðum verða sýnd dæmi til). En vèr ætlum nú að láta hèr við nema um rafurmagnshlöðuna, sem hinn ítalski náttúrufræðíngur *Volta* er höfundur að, en *Lichtenberg*, þýðverskur maður, tók síðan og endurbætti.

11.

RAFURMAGN GALVANIS EÐA GALVANSLIST (*GALVANISME*).

Til þeirra hinna ýmislegu tilrauna, sem nú skal gjöra, þurfum vèr að hafa margar töflur, sumar úr sínki en sumar úr eiri. Töflur þessar eiga að vera á stærð við hálfar spesíur. En vegna sumra tilraunanna þurfa að minnsta kosti tvær af þessum töflum, önnur úr eiri og önnur úr sínki, að vera með dálitlum staungum eða handfaungum á. Eiga þau að vera í miðdepli töflunnar, og eru til þess að einángra hana og standa þverbeint á fletinum. Stengurnar geta vel verið úr lakki. Til þess að koma þessum staungum á töflurnar þarf ekki annað, en að hita þær vel í eldi og setja svo lakkið á þær á meðan þær eru glóandi, því lakkið festist ekki til hlítar á köldum töflunum. Hèr að auki þurfum vèr og að hafa undirstöðu úr trè, sem stendur á þremur ekki mjög stuttum glerpípum. Það er sama á hvern hátt að þessi trè-undirstaða er einángruð, það má t. a. m. vera með þykkri húð af góðum „fernís" úr „skellakki" (*Schellak*). — En vèr skulum nú hverfa að tilraununum.

1. tilraun. — Vèr tökum þær tvær töflurnar, sem með sköptunum eru, en snertum ekki á öðru en sköptunum á þeim, og leggjum þær svo saman. Síðan tökum vèr þær sundur aptur og gætum vandlega að því, að fletir þeirra sè sem bezt samhliða á meðan. Þessu næst setjum vèr sínktöfluna í leiðanda samband við undirstöðuna á rafurmagnshlöðunni (en hún stendur í sambandi við gullblaða-rafurmagnsmælinn, og blemmurinn í sambandi við jörðina), og þar á eptir drepum vèr undireins votum fíngri á eirtöfluna. Ef að loptið í herberginu hjá oss er vel þurt og rakalaust, þá er nóg að taka þetta 8 eða 10 sinnum upp aptur og aptur, til þess að rafurmagnið í undirstöðu rafurmagnshlöðunnar verði svo mikið, að vèr verðum ekki einúngis varir við það á því, hvernig gullblöðin hrinda hvert öðru frá sèr, heldur og sjáum hverrar tegundar það er. Af þessari tilraun verðum vèr þess varir, að við það er sínktaflan snertir eirtöfluna þá magnast hún með fram-rafurmagni. Eirtaflan þar á móti er hlaðin jafn-miklu bak-rafurmagni. Til þess að gánga úr skugga um að svo sè, þurfum vèr ekki annað, en fara eins með eirtöfluna, eins og vèr fórum með sínktöfluna, eða setja hana 8

eða 10 sinnum í samband við undirstöðuna á rafurmagnshlöðunni, á sama hátt og fyr er sagt. Ekki er það nauðsynlegt að hafa gullblaða-rafurmagnsmælinn til þess að geta sýnt eða sèð rafurmagnið í töflunum.

2. tilraun. — Nú tökum vèr aðrar tvær töflur, sína úr hvorum málmi og skaptlausar, og höldum á þeim í lófa vorum. Sínktöfluna leggjum vèr undir, og eirtöfluna ofan á votan túngubroddinn, og látum það, sem fram stendur af töflunum, snertast; þá finnum vèr súrbragð á túngunni. En það er eptirtektavert, að ef vèr tökum þessa tilraun upp aptur með þeirri breytíngu, að eirtaflan sè undir en sínktaflan ofan á túngunni, þá finnum vèr ekki súrbragðið, heldur eitthvert stínganda og brennanda bragð.

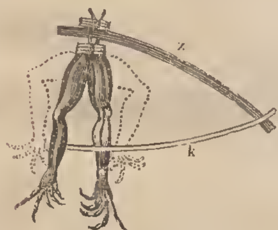
3. tilraun. — Vèr vætum nú á oss annan augnakrókinn, og setjum svo inn í hann töflukorn dálítið, t. a. m. úr sínki. Þar á eptir setjum vèr mjóan og lángan eirþráð á milli kjálkanna og neðri vararinnar, og látum svo hornastykkin bæði snertast, allt eins og gjört var í næstu tilraun á undan. Þegar svona er um búið, verðum vèr varir við eitthvert ljósskin fyrir augunum, ekki ólíku ljóma af fjarlægri eldíngu. Ef vèr skiptum nú um staði sínktöflunnar og þráðarins, þá breytist og sýnin nokkuð. Eins verðum vèr og varir við ljósið fyrir augunum, ef vèr setjum sína töfluna hvorumegin að tannholdinu, og látum svo hinar ytri brúnir þeirra snertast.

4. tilraun. — Vèr tökum bikar eða ker nokkurt úr tini, fyllum það með hreinu vatni og setjum það ofan á stóran silfurpeníng. Síðan drepum vèr túngubroddinum að eins á vatnið, og finnum enn sem komið er ekkert bragð að því. En ef vèr tökum votri hendinni á silfurpeníngnum, á meðan vèr drepum túngubroddinum á vatnið, þá finnum vèr sýrubragðið. — Margar fleiri tilraunir gætum vèr enn gjört um þetta efni, en oss ríður meira á að kynna oss atriði nokkur, sem hèr koma næst á eptir.

1. Þegar *Aloysius Galvani*, kennari í læknisfræði við háskólann í Bologna, var eitt kveld árið 1789 að gjöra ymsar tilraunir með rafurmagnsvèlinni, þá vildi svo til, að á sama borðinu og vèlin stóð á, lágu nokkrir flegnir froskar, sem ætlaðir voru í mat handa konu Galvanis, henni til lækrnínga. Einn af aðstoðarmönnum Galvanis tók dálítinn hníf og snerti lærið á einum froskinum með hnífsoddinum, án þess að gjöra það þó í nokkrum tilgángi. Hann sá þá að lærið drógst saman, eins og það hefði

fengið snögglegar sinateygjur. Reyndi hann þetta þá aptur, en þá bar ekki á neinum kippum í lærinu. Loksins komst annar maður að því, að kippirnir komu ekki í lærið, nema þegar hnífurinn snart það í sama augnabragði og neistinn flaug úr leiðandanum á vèlinni. Af því að vèr þekkjum skilnað og skiptíngu rafurmagnstegundanna, þá þykir oss þetta atvik þeim mun síður óskiljanlegt, sem tilfinníng láðs- og lagardýranna (*Amphibier*) er svo næm og mikil, að hún gjörir þeim sinateygjur laungu dauðum, og það jafnvel á einstökum limum þeirra, þegar búið er að taka þau sundur. En þessu var ekki þannig háttað um Galvani, nè aðra náttúrufræðínga á hans dögum. *Galvani* var nú vakinn og sofinn í rannsóknum atburðar þessa, og einn dag hafði hann hengt froskalærin upp á dálitla eirkróka í járngrind nokkurri. Þá var hann svo heppinn, að verða kippanna var í þeim, þegar krókarnir snertu bæði mænuna í froskinum og járngrindurnar undir eins. Þetta er einmitt sá viðburður, sem kallaður er Galvansgaldur (*Galvanismus* — Galvanslist), til ævarandi minníngar og sóma þeim manni, sem fyrstur uppgötvaði hann. Rúmið leyfir oss ekki að fara að segja nákvæma sögu Galvanslistarinnar, og ætlum vèr því að geta þess einúngis, að af öllum náttúrufræðíngunum þeirra tíma var það allsendis einn, sem reyndi til að heimfæra þenna viðburð til hins algenga rafurmagns, og var hann svo heppinn að hann fann galdursefnið í snertíngu tveggja málma. Þessi maður var *Alexander Volta*, sem fyr hefir verið minnzt á. Í 227. myndinni er það sýnt, hvernig *Volta* fór að við tilraunir sínar. *z* er sínkbogi, en *k* er eirbogi, og eru það leiðendur þeir, sem sameina taugarnar og vöðvana í froskinu. Bogarnir snerta hvor annan á öðrum endanum. Tilraun þessi er að vísu mjög einföld, en hún kom þó *Volta* á þá ætlan, að lögurinn, sem hèr væri starfandi, myndaðist hvorki í taugum nè vöðvum froskalæranna, heldur einmitt við snertíngu beggja málmanna, og að hann væri öldúngis samskonar og í rafurmagninu. *Galvani* og hans menn voru mjög á móti þessari ætlan, en hún var þó engu að síður aðhyllzt af öllum þorra manna. Árið 1767 hafði þýðverskur maður nokkur,

227. mynd.



Sulzer að nafni, orðið var við ljósglampa þann, sem minnzt var á í 3. tilraun, en þessi glampi þótti þá engrar nákvæmari rannsóknar verður.

2. Allir þeir málmar, sem hinir framan nefndu viðburðir verða gjörðir með, eru kallaðir rafurmagnsvakar (*Elektromotor*). Sínk og eir, gull og silfur hafa híngað til þótt beztir af þeim, og þar næst kol. En þegar vissir fastir líkamir og legir snertast, þá sjáum vèr glöggt, að við það getur og rafurmagnið vaknað, t. a. m. ef sínk eða eirstaung eru að nokkru leyti niðri í sýru. Í þeim enda stángarinnar, sem upp úr sýrunni stendur, vaknar þá bak-rafurmagn, og geta menn sèð það á hverjum rafurmagnsmæli, sem vera skal. það er því ekki rètt ætlan, að ímynda sèr að tveir málmar, sinn hvorrar tegundar, verði nauðsynlega að snerta hvor annan, til þess að rafurmagn geti vaknað. Rafurmagnið vaknar og við snertíngu tveggja samkynja málma, sem annaðhvort eru mis-harðir, eða sinn með hvorri lögun, eða mis-heitir, eða mis-fagrir o. s. frv.

3. Reynslan er búin að sanna það og sýna, að þær málmtöflur, sem með tilliti til skyldugleika síns við sýruefnið eru hver annari ólíkar, kveikja mest rafurmagn, og að þær töflur, sem betur fella sig við sýruefnið, fá ætíð fram-rafurmagn, þegar þær snertast, þar sem þær töflur, sem miður þýðast sýruefnið, hlaðast jafnmiklu bak-rafurmagni. Vèr ætlum nú að telja upp fáeina rafurmagnsvaka, og það í þeirri röð, að hver fyrir farandi, sem snertir hinn næsta á eptir, magnist fram-rafurmagni, en hver eptir komandi, sem snertir hinn næsta á undan, bak-rafurmagni: (+) sínk, blý, tin, járn, eir, silfur, gull, lýsigull, kol (—). því lengra sem er í röð þessari á milli þeirra rafurmagnsvaka, sem snertast, þess meira verður hið vakta rafurmagn.

Ef sínk og eir er tengt saman með þræði, eða einhverjum öðrum leiðanda, þá er þar mynduð hin einfalda, lokaða Voltas- eða Galvansfesti. það er eptirtektavert við þessa festi, að hún hættir aldrei að mynda rafurmagn; hún er uppspretta sú, sem aldrei þrýtur. Tengiþráðurinn er kallaður Galvansleiðandi, og ætlum vèr, að báðar rafurmagnstegundirnar sè einatt á rás eða rennsli eptir honum, og köllum það Galvansstraum, en veginn, sem hann fer eptir, festarboga Galvanis. — Eins og það er nú til lokuð Galvansfesti, svo er og önnur

til, sem kölluð er opin eða óloknð. Í henni eru rafurmagnsvakarnir tengdir saman með einhverjum legi.

5. Aflið sem starfar í öllum þessum viðburðum kalla menn rafurmagnsvaka-afl (*elektromotorisk Kraft*). Aðsetur þess er á snertistöðum málmanna, og starfar það þar einatt að skilnaði hinna sameinuðu rafurmagnstegunda. Ef að t. a. m. fram-rafurmagn (+*E*) eirsins streymir inn í sínktöfluna og samlagast framrafurmagni hennar, þá fer bak-rafurmagn sínktöflunnar inn í eirinn og samlagast bak-rafurmagninu, sem þar er fyrir. Vèr tölum þess vegna bæði um fram- og bak-rafurmagnsstraum. Fram-rafurmagns-straumurinn fer frá hinum bak-rafurmagnaða til hins fram-rafurmagnaða líkama, en bak-rafurmagns-straumurinn fer þvert á móti.

En með því að vèr höfum nú gjört sæmilega grein fyrir hinum fyrstu tilraunum vorum um Galvansgaldurinn eða snertíngar-rafurmagnið, þá hverfum vèr að öðru um sinn. Þó ber fyrst að geta þess, að hèr eptir notum vèr ekki einúngis sínk- og eirtöflur þær, sem fyr var minnzt á, heldur og einnig dúk- eða gránatöflur nokkrar, sem eru gagnvættar í mjög þynntri sýru eða vel salti blönduðu vatni.

228. mynd.



Fyrst tökum vèr þá undirstöðuna, sem áður var um getið, með glersúlunum á, og hlöðum töflunum ofan á hana á þann veg, sem 228. myndin sýnir, og hèr segir: 1. töflunum er allt af hlaðið á víxl, annari úr sínki og annari úr eiri; — 2. á milli hverrar eir- og sínktöflu er ein dúktafla; — og 3. efsta og neðsta tafla stöpulsins er sín úr hvorum málmi, þannig, að ef hin neðsta er úr eiri, þá er hin efsta úr sínki. Þar að auki eru og efst og neðst lagðar tvær samkynja töflur í staðinn fyrir eina, því annars mundum vèr ekki hafa getað fest látúnsþræðina, sem liggja skulu út frá báðum endum stöpulsins, þó það megi raunar með öðrum hætti, en hèr er gjört ráð fyrir. En vèr ætlum nú að taka til tilraunanna að nýju.

1. tilraun. — Maður tekur hinn neðra þráð stöpulsins með vinstri hendi, og hinn

efra þráð með hinni hægri, og finnur þá rafurmagns-kippi eða titríng fara um hendurnar. þessi titríngur helzt við nokkra stund. Nú vætir maður hendurnar, og tekur svo þræðina sinn með hvorri, eins og áður var sagt. Finnur maður þá einkennilegan og sáran eða brennanda titríng í öllum höndunum og upp undir úlfliði. Hafi maður sinn silfurbrodd í hvorri hendi og væti þá í uppleystu salti, og snerti síðan með þeim þræðina, þá verður tilfinníngin enn meiri en fyr, og nær upp undir olnboga. Vèr skulum nú enn breyta um nokkuð, og leggja þræðina báða niður í ker eitt með vatni í, síðan leggjum vèr flatan lófann ofan á vatnið og finnum þá aptur sama rafurmagnstitrínginn koma í oss og áður. — Að endíngu ráðum vèr lesendunum til, að taka upp allar þessar tilraunir og vita hvort þeim takast þær, og reynast á þá leið, sem hèr er sagt. þá er og vert, ef fleiri eru við staddir en einn eða tveir, að menn raði sèr niður og taki saman votum höndunum. Yztu mennirnir í röðinni eiga síðan að taka sinn í hvorn þráð, og þá eiga allir, sem í röðinni eru, að finna kippinn eða titrínginn á sama augnabragðinu.

2. tilraun. — Vèr tengjum annan þráðarendann (t. a. m. þann sem festur er í eirtöfluna) við jörðina, og finnum þá með góðum rafurmagnsmæli, að hinn endinn er rafurmagnaður. þegar vèr gætum betur að, þá kemur það fram, að það er fram-rafurmagn, sem hèr er fyrir. Ef að þar á móti hinn þráðurinn úr sínktöflunni er tengdur við jörðina, og rafurmagnið í eirtöfluþræðinum prófað, þá reynist það bak-rafurmagn. Af þessum orsökum kalla menn sínk-endann á stöplinum framskaut, og eirendann bakskaut. það er og enn fremur athuganda um þenna stöpul, að með honum og góðum rafurmagnshlöðum má bæði hlaða rafurmagnsflöskurnar, búa til *Lichtenbergs*-myndir, og í einu orði að segja gjöra allt það, sem gjört verður með því rafurmagni, sem með núníngi er vakið.

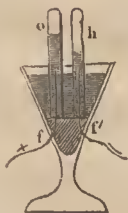
3. tilraun. — Við þessa tilraun er ekki mikill undirbúníngur; hann er ekki annar en sá, að annar þráðarendinn er vafinn með blaðagulli. þegar sá þráðarendinn er síðan borinn að látúnsbroddinum á hinum stöpulsendanum, þá sprettur þar upp neisti móti gullinu og ónýtir það, þar sem hann kemur á það. Með þessum neista má og gjöra ýmislegt annað.

4. tilraun. — Fyrst tökum vèr tvö viðarkol og yddum þau, og festum síðan sitt þeirra við hvorn þráðarenda á stöplinum. Að

því búnu færum vèr kolin svo nærri hvort öðru, að það liggi við að þau nái saman. Sjáum vèr þá, að á báðum kolunum er svo fagurt ljós á fremstu oddunum, að vèr höfum, ef til vill, aldrei fyrri sèð annan eins ljóma. Þar eptir berum vèr kolin að eldfimum legi, t. a. m. vínanda, sem vèr höfum hjá oss í keri eða bolla, og stendur hann þá þegar í ljósum loga. Nafnfrægur enskur náttúrufræðíngur, *Davy* að nafni, hafði kolin þumlúngs laung og $1\frac{1}{6}$ þumlúngs þykk, og bjó síðan um þau á þann hátt, sem fyr er mælt. En þegar ekki var orðið lengra en $\frac{1}{30}$ þumlúngs á milli þeirra, þá komu hinir tindrandi ljósneistar framan á odda þeirra, og þau urðu hvítglóandi lengra en upp á miðju. Mjög var og sá ljósstraumur fagur, sem fram kom á milli beggja kolanna, þegar bilið á milli þeirra var þó 4 þumlúnga. Hvaða líkama, sem þar var haldið í, þá hitnaði hann ákaflega. Þar bráðnaði t. a. m. lýsigullið eins og lakk; kvarz, gull, safír og fleiri steinar runnu þar og. Demant, gull og ritblý hvurfu á svipstundu, og var því líkast, sem það ryki upp, án þess að bráðna þó áður. En þess ber að geta, að slíkur stöpull, sem sá er *Davy* hafði, er ekki á hverju strái, svo var hann stór og vandaður. En þó að stöpullinn sè ekki nema í meðallagi góður, má þó hita með honum þann lýsigullsþráð, sem er 20 þuml. lángur og $\frac{1}{20}$ þuml. á þykkt, svo mjög, að hann drjúpi niður eins og lakk.

5. tilraun. — Hèr höfum vèr nú: 1. staup eitt; — 2. tvo lýsigullsþræði *f* og *f'* (229. mynd), sem að neðan liggja upp í botninn á staupinu, eru býsna mjóir og yddir á þeim endunum, sem upp vita í staupið; þræðirnir eru og mjög skammt hvor frá öðrum; — 3. tvær glerpípur, *o* og *h*, sem eins og staupið sjálft eru fylltar með hreinsuðu vatni, og settar á opið ofan í það með þeim hætti, að sinn þráðurinn gengur upp í hvora þeirra. Þar næst tengjum vèr sinn stöpulþráðinn við hvorn af þráðunum *f* og *f'* með einhverjum leiðanda, og kemur þa hver loptbólan á eptir annari upp í pípurnar og dragast þær saman í þeim. Þær loptbólurnar, sem koma frá sínk-endanum á stöplinum, og sem skyldu lenda í pípunni *o*, eru óblandað sýru-efni; hinar þar á móti, sem koma frá eir-endanum og lenda í pípunni *h*, eru vatnsefnislopt. — Þessi tilraun er undir eins bæði fögur og fræðandi, þar sem hún sýnir svo berlega að vatnið

229. mynd.



verður leyst upp í efni sín, eða aðgreint í þau. Hefði vatnið annaðhvort verið blandað nokkrum dropum af sýru, eða ef dálítið hefði verið látið renna í því af salti, þá hefði loptsmyndunin orðið enn örari. En hvernig sem að þessari tilraun er farið, þá verður þó ætíð sýruefnið að fyrirferðinni til eins í samanburði við vatnsefnisloptið, eins og 1 er í samanburði við 2. það er með öðrum orðum, að lopttegundirnar skiljast að, eða myndast hèr öldúngis eins og þær samlagast aptur í vatnið. Ef að þræðirnir *f* og *f'* eru ekki úr lýsigulli nè gulli, heldur úr silfri eða einhverjum hinna ódýrari málma, þá heppnast ekki tilraunin til líka við það, sem hún annars gjörir. Í staðinn fyrir sýruefnið myndast þá ekki annað en málmkalk (*Metalkalk*) eitt. — En vèr skulum nú reyna til að gjöra oss grein nokkra fyrir orsökunum til alls þessa.

1. Tól það, sem vèr höfum notað um hríð, er kennt við höfund sinn og kallað Voltastöpull (*voltaisk Söile*), og stundum Galvanskastali (*galvanisk Batteri*) eða Galvanshlaða, af því það eykur svo mjög rafurmagn Galvanís, við það, er það dýngist þar saman. Sèrhverjar tvær ósamkynja töflur í stöplinum er einn liður. Sínk- og eir-skautin höfum vèr áður nefnt, og svo fram- og bak-skaut, og sagt frá þýðíngu og orsökum þeirra nafna.

2. Gæði Voltastöpulsins fara mjög eptir gæðum lagarins, sem dúktöflurnar eru vættar í (dúktöflurnar geta verið hvort sem vill úr hári, brèfi, líni eða einhverju öðru þesskonar). — Bezti lögurinn er edik, sem matarsalt hefir verið leyst upp í, eða látið renna í. Næst leginum ræður stærð og fjöldi taflanna mestu um gæði stöpulsins. Titríngurinn, áhrifin á rafurmagnsmælinn o. s. frv. verða, því meiri, sem töflurnar eru fleiri, þar sem að rafurmagnið sýnist aptur vera því meira, sem þær eru stærri, og því sterkara, sem þær eru fleiri.

3. það lítur svo út, eins og hver hinna einföldu festa, sem í stöplinum eru, fái rafurmagn sitt af efnablöndunar-áhrifum lagarins*). Nokkur hluti rafurmagnsins sameinast undir eins aptur, en nokkur hluti þess verður frjáls. 1. Fram-rafurmagnið úr sínk-

*) Allt það sem hèr er sagt er getgáta, en svo líkleg, að menn eru nærri því hættir að kalla hana því nafni, vegna þess að eptir henni verða allir viðburðir, sem hèr eiga við, svo glögglega skýrðir. *De la Rive* er höfundur þessarar getgátu.

töflunni fer í gegnum löginn til bak-rafurmagnsins í eirtöflunni í næsta lið á undan, og niðurbrýtur (*neutraliserer*) það; — 2. bak-rafurmagn eirtöflunnar fer í gegnum löginn til fram-rafurmagns sínktöflunnar í næsta lið á eptir, og niðurbrýtur það. Með þessum hætti losnar þá fram-rafurmagn hins fyrirfaranda og bak-rafurmagn hins eptirfaranda liðar í stöplinum. Ef að stöpullinn er einángraður, þá sjáum vèr það af þessu, að frá miðju hans að reikna þá vex hið óbundna fram-rafurmagn allt af móti sínkskautinu, en hið óbundna bak-rafurmagn móti eirskautinu eptir töluhlaupi (*arithmetisk Progression*). En öðruvísi fer þetta ef annar endi stöpulsins er í leiðanda sambandi við jörðina, því þá ber ekki á neinu rafurmagni í því skauti hans, en í hinu verður það þá með tvöföldu afli, því þá fer það allt af vaxanda eptir öllum stöplinum. — Voltastöpullinn hleður sig einatt sjálfur eptir hverja affermíngu, og er það mikill kostur á honum.

4. Það er ekki vatnið eitt, sem leysa má sundur með Voltaskastalanum, heldur og bæði ilti (*Oxyder*), sölt og „alkalia", sem til skamms tíma hafa verið talin óblönduð efni. Vèr skulum geta einnar tilraunar, sem berlega sýnir skiptíngu saltsins. Fyrst tökum vèr þá aðra eins pípu, og hèr er dregin upp í 230. myndinni, og sem ekki er ólík *V* í laginu. Þessa pípu fyllum vèr með bláleitum saltlög. Síðan stíngum vèr sínum þræði stöpulsins niður í hvorn enda pípunnar ofan í löginn. Verður þá saltlögurinn samstundis rauður við þann þráðinn, sem festur er við framskaut stöpulsins, en við hinn þráðinn verður hún græn á lit. Ef vèr skiptum um þræðina í pípunum, þá verður afleiðíngin tvöföld: 1. hinn upphaflegi blái litur kemur aptur á löginn; — 2. hinn rauði litur kemur undir eins þar á eptir á löginn í pípunni, sem framþráðurinn er í, og hinn græni í hina.

230. mynd.



Af öllu því, sem gjört er með Galvansfestinni, er Galvanssteypan (*Galvanoplastisk*) fegurst og mest um varðandi. En áður en vèr förum að skýra hana fyrir lesendum vorum hljótum vèr að minnsta kosti að kynna þeim fleiri tegundir Galvansfestarinnar, en vèr höfum enn gjört.

Mjög er þeim Galvansstöpli í mörgu ábótavant, sem hèr var sýndur í 228. myndinni. Hinar neðri dúktöflurnar eiga t. a. m.

mikinn þátt í að þorna, af því að lögurinn þrýstist úr þeim undan þúnganum, sem ofan á þeim liggur. Þar að auki sækir og lögurinn niður eptir stöplinum að utan, og rennur þannig burtu fremur en skyldi. Hèr að auki er og hætt við, að þar sem sínk- og eirtöflurnar snerta dúktöflurnar votar, þar komi á þær randir af salti og málmkalki, og er því nauðsynlegt að fægja þær jafnan upp og hreinsa á undan hverri tilraun, sem gjöra skal. Hinir stöðugu eða óbreytanlegu Galvanskastalar, sem kallaðir eru, eru lausir við þessi vandkvæði. Vèr ætlum að láta oss nægja með að lýsa einu af tólum þessum, og tökum vèr þá helzt sínk-kola-kastala Búnsens (*Bunsens Zink-Kul-Batteri*). *Besquerel* nokkur er annars kallaður höfundur hinna óbreytanlegu Galvanskastala.

231. myndin á að skýra hugmynd vora um kastala þenna, sem kenndur er við *Bunsen*. Tól þetta er mjög afkastamikið og þó ódýrt (því í staðinn fyrir lýsigullið, sem vant er að hafa í það, gjörum vèr ráð fyrir að menn hafi kol). — Aðalkerið er úr gleri. Innan í því er sívalt kol, holt innan og snýr opið niður. Sívalníngur þessi er 5-eða 6 þumlúnga hár, og helmíngi styttri að þvermáli. Hliðar kolstampsins eiga að vera næfurþunnar. Glerkerið er mjórra að ofan en um miðjuna, svo að hið hola kol fyllir nærri því út í opið á því, og er það gjört til þess, að kolið standi sem stöðugast. Hinn þriðji aðalpartur tóls þessa er holur sívalníngur úr eygðum (*porös*) leiri með botni í að neðanverðu; hann er 4 eða 5 þumlúnga hár og viðlíka digur og kol-sívalníngurinn. Barmarnir á glerkerinu eru þannveg lagaðir, að það má setja ofan á það sínkgjörðina *a*. En á gjörð þessari er holur sívalníngur úr sínki, *c*, og sýnir myndin hvernig honum er komið fyrir á gjörðinni. Sívalníngurinn *c* er hèrumbil 3 eða 4 þumlúnga hár og 2 þumlúnga í þvermæli, og hángir hann niður í leirker hins næsta glerkers. Kerin eru öll fyllt með þynnta brennisteinssýru, nema þetta síðast nefnda; það er fyllt upp í háls með þèttaðri saltpètursýru.

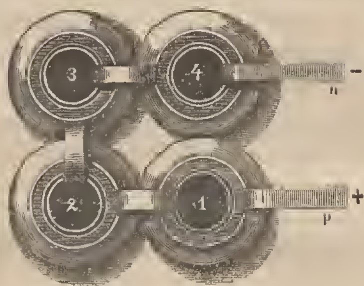
231. mynd.



En vegna þess, að vèr erum hræddir um að lesendurnir skilji enn ekki í, hvernig liðirnir eru tengdir saman í tóli þessu,

þá höfum vèr hèr spormynd (232.) af 4 þeirra. Kol-sívalníngarnir eru táknaðir með mjóum strikum, lárèttum. Innan í hvorum kol-sívalníngi eru tveir hvítir hríngir, og á sá ytri að tákna leirsívalnínginn, en hinn innri sínksívalnínginn. Hèr að auki sèst það glöggt af myndinni, hvernig sínk-sívalníngurinn í 1. kerinu er tengdur við sínksívalnínginn í 2. kerinu, og sá aptur við þann í 3. kerinu o. s. frv., svo vèr ætlum ekki nauðsyn til bera að skýra það betur. Sínkræman p, sem sá sínk-sívalníngurinn endar í, sem er á hinum fyrsta kolsívalníngi, er framskaut kastalans, þar sem n þar á móti er bakskaut hans.

232. mynd.



Allir þeir Galvanskastalar, sem vèr höfum nú skýrt frá hèr að framan, eru kallaðir votir, af því að við þá er jafnan notaður einhver lögur. Hinir þurru stöplar eru þeim gagnstæðir, og eru rafurmagnsvakarnir í þeim einnig úr málmi, eins og hinum fyr nefndu. En leiðandinn á milli hvorratveggja rafurmagnsvaka er þar ekki lögur, heldur einhver fastur líkami, sem annaðhvort er öldúngis þurr, eða þá nærri því það. Það er ekki víst að neinn af hinum þurru Galvansstöplum sè betri en sá, sem *Zamboni*, háskólakennari í eðlisfræði í Veróna, hefir búið til og mælt fram með. Hann er búinn til: 1. úr 2 eða 4 þúsundum af brèftöflum, sem vera skulu $1\frac{1}{2}$ eða 2 þumlúnga í þvermæli; 2. töflurnar eru annaðhvort gull- eða silfurroðnar öðrumegin (menn eru optast nær vanir að líma silfurbrèf á þær), en öðrumegin eru þær stráðar smáu rafurdupti, sem menn núa inn í þær með korktappa; — 3. allar snúa töflurnar eins í stöplinum; — og 4. loksins eru sterkar málmtöflur hafðar við báða endana á stöplinum. Það er gjört til þess, að stöplinum verði þrýst svo fast saman, að töflurnar snerti hver aðra sem vandlegast. En hvern helzt þurran stöpul, sem vèr höfum, komumst vèr þó ætíð að hinni sömu ályktan og Voltastöpullinn leiðir oss til, það er að segja þeirrar, að hann hleður sig sjálfur, starfar mjög lítið eða ekkert efnafræðislega (*chemisk*), en þar á móti því meira

aflfræðislega (*mekanisk*). þetta verður eins þó að töflurnar sè að eins 5 eða 6 hundruð að tölu.

Hin helztu not þurra stöpulsins eru þau, sem hèr segir:

a. Nokkurskonar síkvikandi (*perpetuum mobile*). — Vèr skyldum hafa tvo zambónsstöpla og ekki með færri en 2000 töflum hvorn. Stöplarnir skyldu standa sinn á hvoru skauti, og þau vera tengd saman með látúnsþræði. Að því búnu hengjum vèr lètta látúnsnál mitt á milli hinna efri skautanna, og á því augnabragði, sem hún er látin snerta annaðhvort þeirra, þá kemst hún á sífelda hreifíngu. Raunar verða hreifíngarnar á nálinni stundum fljótari en stundum, og geta hætt þegar minnst varir um lengri eða styttri tíma. Fer það meðfram eptir því, hvað mikil eða lítil loptsfyrirstaðan er, og því, hvað loptið er vel eða illa þurt. þessi síkvikandi er því ekki stórum betri, en hinir aðrir, sem áður er getið um.

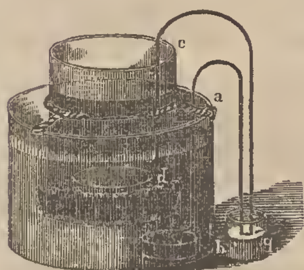
b. Rafurmagnsmælir *Bohnenbergers*, sem án efa er lángbeztur í sinni röð. Á honum hángir dálítil glerklukka á milli tveggja zambónsstöpla, og jafnlángt frá báðum þeim skautum þeirra, sem upp vita, er gullblað eitt, sem auðsjáanlega verður að hreifast til annararhvorrar hliðar, undir eins og hið minnsta rafurmagn vaknar í öðruhvoru skauti stöplanna. þessi rafurmagnsmælir er furðanlega næmur og viðkvæmur, en ekki nennum vèr að telja breytíngar þær, sem orðið geta og til eru á mynd hans og útliti, því þær eru harla margar.

Vèr skulum nú aptur snúa máli voru að Galvanssteypunni (*Galvanoplastik*). Hún er hið hægasta ráð til þess að rita í eir myndir ymsra líkama, t. a. m. peníngamyndir, gipsmyndir, trèmyndir o. s. frv. *Jacobi* og *Spencer* eru höfundar þessarar nytsömu íþróttar. Eins og vèr höfum áður sagt, er það grundvöllur hennar, að galvansstraumurinn aðgreinir ekki ætíð hvern saltlög að fullu og öllu. Lög af „eirvitríóli" aðgreinir hann t. a. m. á þann hátt einúngis, að eirinn safnar sèr að bakskautinu, en sýruefnið fer þá um leið úr því sambandi, sem það var áður í. Hèr þarf annars einkum að gefa gætur að hinni málmkynjuðu dregg eirsins. það væri óskanda, að listamönnunum heppnaðist bráðum að búa Galvanssteypuna svo úr garði, að hún gæti orðið almenn í iðnaði manna.

Ef vèr viljum með þessum hætti geta fengið eptirmynd af peníngum, eða einhverjum öðrum líkömum, á eir, þá verðum vèr

fyrst að útvega oss tól nokkurt, sem meira eða minna líkist því, sem hèr er sýnt í 233. myndinni. Hèr er einkum aðgætanda:

233. mynd.



1. hið stærra glerkerið *a b*, sem er 6 eða 8 þumlúnga í þvermæli og opið að ofan; — 2. hið minna glerkerið *c d*, sem er með dýrsblöðru bundinni um neðra opið, og sem þráður er vafinn utan um, skammt fyrir ofan miðju; þráðurinn klýfst í 3 arma, og liggja þeir á barminum á kerinu *a b*, og halda uppi því kerinu, sem innan í því er (dýrsblaðran er optast nær höfð 1½ eða 2 þumlúnga hátt frá botni kersins); — 3. sínkstykkið við *d* í minna kerinu, sem liggur á dálitlum trèkrossi; — 4. skálin *q*, sem kvikasilfur er haft í á meðan tólið er notað; — 5. mótið í hinu stærra keri, sem í myndinni er að sjá dálítið vinstra megin við *d*; — og 6. tveir eirþræðir, sem annar liggur á milli mótsins og kvikasilfursskálarinnar, en annar á milli hennar og sínkstykkisins. — Í innra kerinu er þynnt brennisteinssýra, en í kríngum það í ytra kerinu er lögur af „eirvitríóli". Til þess að mótið verði gott, eru menn vanir að bræða saman í það vax, tylgi (*Stearin*) og mulinn „grafít"; þessu er síðan hellt á penínginn, eða þann líkama, sem taka skal eptirmyndina af. En til þess að gjöra það leiðandi, draga menn á það ofur þunnt lag, eða húð, af vel muldum grafít, og skemmir það ekki hið minnsta. Sá flötur á mótinu, sem grafítduptinu er stráð á, verður að snúa upp í vitríólslögnum. En til þess að ekki setjist málmryð (þ. e. nein sú húð, sem ekki leiðir rafurmagnið) á þann hluta þráðarins, sem er niðri í lögnum, þá verður að draga lakkhúð á hann allstaðar, nema á þeim stöðunum, sem hann snertir mótið.

Eirinn sezt því fyr eða seinna á grafít-flötinn, sem hinn rafurmagnaði hríngstraumur í kerinu er meiri eða minni, og eptir því verður og vitríólslögurinn tærari eða myrkari.

12.

RAFUR-SEGULAFLIÐ (*ELEKTRO-MAGNETISME*).

Þó að athugasemdir vorar um rafurmagnið og segulaflið sè bæði fáorðar og ekki mjög ítarlegar, þá eru þær þó nógar til þess, að af þeim má sjá mikla líkíngu milli þessara tveggja undrunarverðu og dularfullu afla.

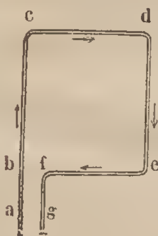
Vèr töldum aðdráttinn sem hinn fyrsta aðal-eiginlegleika rafurmagnsins, og þá engu síður segulaflsins. Þegar vèr þar á eptir leituðum að muninum á fram- og bak-rafurmagninu, fundum vèr að korkkúlur þær, sem hlaðnar voru samkynja rafurmagni, hrundu hver annari frá sèr, þar sem hinar drógu hver aðra að sèr, sem hlaðnar voru ósamkynja rafurmagni. Öldúngis er og eins ástatt með segulskautin. Það eina sem á vantar, til þess að lögmálið fyrir hvorutveggju þessum viðburðum sè eins, er það, að vèr köllum annað segulskautið eiginlegt (*positiv*) en annað óeiginlegt (*negativ*). En þau nöfn hafa þó litla eða enga þýðíngu. Á það er og að minnast, að sá endi leiðandans, sem nær er hinum rafurmagnaða líkama, hefir þá rafurmagnstegundina í sèr fólgna, sem er gagnstæð líkamans sjálfs, t. a. m. eins og leiðandinn á rafurmagnsvèlinni. En þar á móti er sama rafurmagnstegund í hinum endanum, sem fjær er líkamanum og í líkamanum. Sama verður og reyndin á um hið segulmagnaða járn, ef það er í nánd við segulskaut nokkurt; því sá endi stálnálarinnar, sem magnaður er með suðurskauti segulsins, veit ætíð síðan í norður, úr því að nálin er frjáls orðin að hreifíngu sinni, en hinn þar á móti í suður, sem magnaður var með norðurskauti. Eins kemur og líkíngin milli beggja aflanna fram, þegar linu járni er jafnað saman við leiðanda og hertu stáli við ekki-leiðanda rafurmagnsins.

Lángt er síðan að náttúrufræðíngarnir rèðu það af líkíngu þeirri, sem er á milli rafurmagnsins og segulaflsins, að öfl þessi kæmi harla víða saman, að minnsta kosti í aðdrættinum og hrindíngunni. Þó urðu tilraunir fyrri aldanna um þetta efni ekki árángursmiklar, og menn urðu að láta sèr nægja þá ályktan: að rafurmagnshöggið hefði hèrumbil sömu áhrif á segulnálina og hamarshögg hefir á járn. *Örsted*, náttúruspekíngi Dana, heppnaðist fyrstum allra að skýra hið sanna samband beggja aflanna árið 1820. Þegar hann var einmitt að kynna

sèr þau áhrif, sem rafurmagnsstraumurinn hefði á segulnálar, sem hèngu í nánd við hann, þá varð hann var við ymsa hina kynlegustu viðburði. Alla þessa viðburði kölluðu menn nú rafur-segulaflaða (*elektro-magnetiske*), og hið sameinaða afl, sem í þeim starfaði, rafur-segulafl. Vèr skulum nú athuga fáeina af viðburðum þessum.

Til þess að geta gjört grundvallartilraunina um áhrif rafurmagns-straumsins á segulinn, þurfum vèr við að hafa: 1. vanalega segulnál, eða slíka sem höfð er í áttavita; — 2. stóran Galvanskastala, t. a. m. eins og sínk-kola-kastala Búnsens (231. og 232. mynd); — og 3. sterkan eirþráð beygðan í ferhyrníng, með 8 eða 10 þumlúnga laungum hliðum, líkan því sem 234. mynd sýnir. Þráðarferhyrníngurinn er settur á endana *ba* og *fg* ofan í kvikasilfrið í skálinni á kastalanum, og á hann að standa í hádegisbaugsfleti segulsins. En áttavitanálinni höldum vèr hvað eptir annað yfir og undir þráðarkaflanum *cd* og *ef*. Ef að þráðarendinn *ba* stendur nú í sambandi við kvikasilfurskálina, þá sýna örvarnar í myndinni nákvæmlega, hvernig rafurmagnsstraumurinn fer; frá *b* til *c* rennur hann upp á móti, frá *c* til *d* beint áfram eptir lárèttri stefnu móti norðri í hádegisbaugi segulsins; frá *d* til *e* fer hann beint niður; frá *e* til *f* fer hann í annað sinn eptir lárèttri stefnu, og þá frá norðri til suðurs. En nú er að vita hver áhrif straumurinn hefir á segulnálina. Ef hún er 1. fyrir ofan eða uppi yfir *cd*, þá hneigist norðurskaut hennar austur á við, en ef hún er 2. neðan undir *cd* þá færist það vestur fyrir hádegisbaug segulsins. Þessir sömu viðburðir koma og fram á segulnálinni í kríng um þráðarspottann *ef*, nema að þeir eru þá í öfugri röð; þ. e. þegar nálinni er haldið uppi yfir honum, þá er skekkjan vestur á við, en austur á við ef henni er haldið neðan undir honum. Eins breytir og rafurmagnsstraumurinn í *bc* og *de* stefnu segulnálarinnar með því, að hann annaðhvort dregur þá norðurskaut hennar að sèr, eða hrindir því frá sèr, eptir því hvorumegin þráðarins hún er. Til þess að geta gjört sèr grein fyrir hlutföllunum á milli rafurmagnsstraumsins og þeirrar stefnu, sem í hvert skipti er á nálinni, þá er ekki annað en að ímynda sèr dálitla

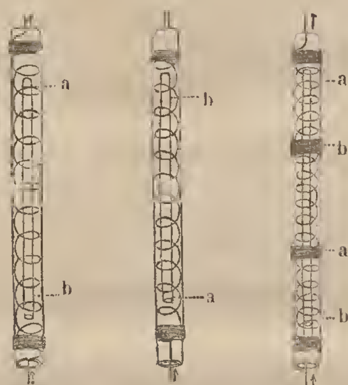
234. mynd.



mannsmynd í þræðinum, sem þannig sè fyrir komið, að fram-rafurmagns-straumurinn fari upp í fæturna á henni og upp um höfuðið. Þá verður reglan þessi: þegar myndin snýr andlitinu að nálinni, þá stefnir norðurskaut hennar út á vinstri hliðina. Stefna myndarinnar fer ætíð eptir stefnu nálarinnar, eins og áður er sýnt.

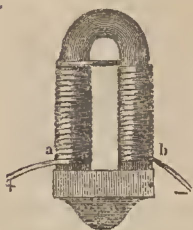
Þessu næst skulum vèr nú athuga þær 3 myndir, sem hèr eru (235., 236. og 237. mynd). Hver þessara mynda á að sýna glerpípu nokkra með stálnál innan í, en utan um hverja nál er vafið eirþræði, eins og skrúfugörðum. Það eptirtektaverðasta við tól þetta er það, að þegar rafurmagns-straumurinn fer að renna um þráðinn, þá verður nálin segulmögnuð, og það svo varanlega sem unnt er. En nú er þráðurinn í sinni myndinni vafinn á hvern hátt utan um nálina. Þegar hann er eins vafinn og 235. myndin sýnir, þá myndast suðurskaut nálarinnar við innrás straumsins, en við útrás hans, þegar vafníngurinn er eins og 236. myndin sýnir. En þegar eins er vafið þræðinum og 237. myndin gjörir ráð fyrir, þá myndast allt ein raðaskaut í nálinni. Í öllum myndunum er suðurskautið táknað með *a*, en norðurskautið með *b*.

235. mynd. 236. mynd. 237. mynd.



Í 238. mynd er dregið upp járn nokkurt ekki all-lítið. Það er beygt viðlíka og skeifa, og er herzlulaust; það er sorfið slètt fyrir báða enda. Járn þetta er sívafið utan með digrum eirþræði, og eru endar hans báðir *a* og *b* tengdir við Galvansfesti nokkra, og sinn við hvort skaut hennar. Eirþráðurinn er allur sívafinn utan með silkiþræði, til þess að rafurmagns-straumurinn geti tafarlaust runnið eptir eirþræðinum endilaungum. Myndast þá og sitt segulskautið á hvorum enda járnsins við það, að

238. mynd.



sín álma þess er vafin á hvorn veg. Tilgángur akkersins, sem hið bogna járn stendur á, er oss áður kunnur. Ef að eirþráðurinn er full-digur og hvor armur járnsins hèrumbil 1 eða $1\frac{1}{2}$ fets lángur, og rafurmagns-straumurinn ekki all-lítill, þá getur járnið magnazt svo mjög, að akkerið geti borið 8 eða 10 hundraða punda þúnga, án þess að dragast frá járninu. Rafurmagn-segullinn getur orðið svo sterkur, að hann beri 2000 punda þúnga, og hafa menn því reynt til að nota hann til þess að koma hreifíngu á ymsar stórvèlar, en þó verður lítið úr þeim í samanburði við gufumagnsvèlarnar. En undir eins og rafurmagns-straumurinn hættir, þá er og burðarafl rafurmagn-segulsins farið.

Með því að vèr höfum nú athugað, hvernig rafurmagnsstraumurinn vekur segulaflið, þá liggur næst að athuga hitt, hvernig segulaflið vekur rafurmagns-strauminn. En vèr verðum þó að sleppa því, eins og mörgu öðru sem hèr á við. En áður en vèr ljúkum máli voru um rafurmagnið, skulum vèr tala um hina rafurmögnuðu fiska, og áhrif rafurmagnsins á líkama mannsins.

13.

RAFURMAGNADIR FISKAR.

Ekki eru hinir rafurmögnuðu fiskar margir. Auk hrokkálsins (*Gymnotus electricus*), rafurmagns-skötunnar (sem tvö eru kyn af: *Torpedo narke* og *Torpedo Galvanii*) og titursfiskjarins (*Malapterurus electricus*) eru ef til vill engir þeir fiskar til, sem geti gefið rafurmagnshögg.

Rafurmagnsskatan er aldrei meira en 4 feta laung og $3\frac{1}{2}$ fets breið; hún á helzt heima í Miðjarðarhafinu. Það er hvorttveggja, að skata þessi var snemma kunn, enda hefir og enginn af rafurmagnsfiskunum verið hafður eins mikið til rannsókna um hina rafurmögnuðu limi, eðli þeirra, starfa og lögun. Höggið af fiski þessum fer eptir því, hvort menn snerta hann öðrumegin, eða báðumegin í einn. Ef hann liggur á látúni, þá verður ekkert af högginu, þegar hann er einúngis snortinn með annari hendinni. En leggi maður aðra hönd á bak fiskjarins og taki hinni á hlið hans, þá verður höggið töluvert. Þó fer mikilleiki höggsins eptir lifnaðarhætti fiskjarins og ymsum öðrum kríngumstæðum. Þannig er hið fyrsta högg hrokkáls þess, sem lifir í stöðuvötnunum í suðurhluta Vesturálfunnar, og er 5 eða 6 feta lángur,

ekki mikið. En þau högg, sem þar koma á eptir, eru meiri, og því meiri, sem állinn hreifir sig meira og verður reiðari, eða æsist meira. Þegar æði er komið á hrokkálinn, þá eru högg hans óttaleg; slær hann þá aðra fiska í óvit á einu augabragði, og leggur bæði hesta, múldýr og jafnvel hraustustu menn að velli. Það er og opt, að hann lamar bæði fótleggi og armleggi manna og dýra. Það hafa menn fundið, að það er mikil líkíng milli hins eðlilega rafurmagns og alls þess, sem er í dýrum þessum. Allir þeir líkamir, sem rafurmagnið leiða, leiða og all þetta. Þar að auki geta og komið neistar af hinum rafurmögnuðu fiskum, helzt rafurmagnsskötunni.

Lögunin á þeim limum rafurmagnsfiskanna, sem allið fer eptir, er í öllum aðalatriðunum eins, þó þau annars geti verið mjög ólík bæði að stærð, fyrirkomulagi, o. s. frv. Það er því nóg fyrir oss, að kynna oss rafurmagnslimi eins fiskjarins, og tökum vèr þá helzt til þess rafurmagnsskötuna. Hún er hèr sýnd í 239. myndinni.

239. mynd.



Skatan er sýnd á þann veg í myndinni, að rafurmagnslimir hennar sjáist sem bezt; ná þeir allt fram undir höfuð og fylla allt rúmið upp milli hryggjar og kviðarhimnu skötunnar. En það sem að einkum festir þá, er það, að hinn ytri flötur þeirra liggur á brjóskhnúðum hliðarugganna, en hinn innri á vöðvaumbúníngi höfuðsins og líkamans alls. Fjögur sterk taugakerfi: *d*, *e*, *f* og *g* hverfa eins og inn í þessa dularfullu vèl. Í rafurmagnstólum þessum eru einir 8 eða 9 hundruð partar, og hvort sem á þá er litið að ofan eða neðan, þá virðast þeir allir standa þverbeint upp og ofan, og vera helzt strendir, en sjaldan sívalir. Þeir líta hèrumbil eins út og 240. myndin sýnir. En þegar menn líta á hliðina á þeim, þá eru þeir eins og allt einir samhliða þræðir eða stöplar, eins og 241. myndin

240. mynd. 241. mynd.





sýnir. Öll bilin, eða rúmin, sem eru á milli þessara parta, eru full með blóðkerum og einhverskonar hlaupkenndri vilsu. Við nákvæma athugan finnur maður hèr ærna líkíngu milli rafurmagnstóla fiskjarins og rafurmagnsstöpuls með festi við.

Tól þau, sem hrokkállinn slær með, liggja undir og báðumegin við hinn lánga hala hans, og eru það 4 lángsetis liggjandi knippi af mörgum skinntöflum. Rúmið á milli þeirra og í kríngum þær er fullt með nokkurskonar vilsu eða kvoðu. Margir vöðvar liggja í kríng um tól þessi, sem ýmist dragast að þeim eða frá, og eru þeir að öllum líkindum bæði til þess að hlaða og styrkja þenna hinn undarlega rafurmagnsegulkastala. Á rafurmagnsskötunni fer fram-rafurmagns-straumurinn frá bakinu niður í kviðinn, en á hrokkálnum frá höfðinu aptur í halann, eða eptir þeirri stefnu. Styrkur sá hinn mikli, sem kemur fram í höggum hrokkálsins, kemur líklega af því, að rafurmagnstól hans eru svo fyrirferðarmikil.

14.

NYTSEMI RAFURMAGNSINS VIÐ LÍKAMA MANNSINS.

Rafurmagnið hefir opt verið notað til lækninga og orðið að góðu liði. Einna bezt hefir það reynzt við liðaveiki, flugverkjum, aflleysi, bólguverkjum og öðrum slíkum og þvílíkum óvinum heilbrigðinnar. Þegar menn nota núníngs-rafurmagnið til lækninga, þá er sjúklíngurinn látinn standa á einángrunar-skemlinum og snerta leiðandann á rafurmagnsvèlinni, annaðhvort með berri hendinni, eða með látúnsþræði. Þegar svo er um búið, streymir rafurmagnið inn í líkama mannsins, og sjálfur er hann, eins og menn segja, í r a f u r m a g n s b a ð i. En til þess að r a f u r m a g n s v i n d u r i n n, sem kallaður er, mæði á hinum sjúka parti líkamans, þá eru menn vanir að hafa til brodda nokkra, til þess að stefna rafurmagninu á rèttan stað. 242. mynd sýnir tól það, sem optast er haft til þessa. Þar er broddurinn *cp*, og er hann áfastur við leiðanda rafurmagnsvèlarinnar. Ofan á þessum broddi

242. mynd.



er látúnsstaungin tt', sem er beygð svo, að sinn endi hennar veit í hvora áttina. Staung þessi er í jafnvægi á broddinum; og er hún lètt og lipur í snúníngum. Undir eins og rafurmagnsvèlin fer að hlaðast, fer og staungin að snúast á broddinum, og ef myrkur er, sjáum vèr fögur ljós streyma út af endum hennar. En af öllum þessum lækrínga-aðferðum er engin eins vandasöm og aðgæzluverð og sú, er lækna skal með neistum eða höggum rafurmagnsflöskunnar, eða rafurmagnskastalans, því þá er mjög svo mikillar varúðar þörf við hinn sjúka lim, er hann kemur í höggfæri rafurmagnsins.

Vegna þess að það er mönnum kunnugt, hversu mjög að Galvans-rafurmagnið æsir allar taugar og vöðva, þá hafa menn og reynt til að nota það á ymsa vegu, til að lífga með hengda menn, drukknaða, kyrkta og skruggulostna, og hafa slíkar tilraunir ósjaldan heppnazt ágæta vel. Við allar þesskonar tilraunir eru menn vanir að setja leiðanda Galvanmagnsins á varir, augu, enni, innanverð eyru, hjartagrófina o. s. frv., eða á þá staði líkamans, sem flestar taugar koma saman á. Með þeim hætti vaknar blóðrás og tilfinníng skjótast í líkama hins sjóndauða manns. Svo lengi sem rafurmagnið kemur dráttum eða kippum í líkamann, svo lengi er og líf í manninum. Það er því fyrst áreiðanlegt dauðamerki, þegar Galvansmagnið hefir ekki nein sjáanleg áhrif á líkamann framar*).

15.

SPURNÍNGAR TIL AÐ RIFJA UPP EPTIR.

Hvað var það, sem vèr kynntum oss í upphafi þessa atriðis með glerpípunni og lakkstaunginni? Er þetta aðdráttar- og hrindíngarafl til í fleiri líkömum? Hvernig var það sögulega, sem vèr

*) Tilraunir þær, sem gjörðar hafa verið um sinadrætti og teygjur i líkum og líkömum ymsra hinna stærri dýra með heitu blóði i, eru harla eptirtektaverðar. Þannig var til að mynda um mann, sem var búinn að vera hengdur um margar stundir, að þegar galvansfestin var látin snerta hina viðkvæmustu staði á líkamanum, þá hafði hún óttaleg áhrif á vöðvana, og það kom ýmist reiðisvipur á andlitið, hræðsla, ángist eða örvínglun. Stundum hló líkið ógnarlegum voðahlátri, og stundum tók það djúp og þúng andvörp.

minntumst á um þetta? Hvaða tilraunir höfðum vèr til þess að kynna oss leiðendur rafurmagns og ekki-leiðendur? Hverjar eru orsakir til, að líkamirnir verða betri eða lakari leiðendur? Hvað er það, sem kallað er að einángra líkami? — Hvernig er rafurmagnsvèlin og störf hennar? Er hún ekki búin til á fleiri en einn veg? Hvernig eru aðalatriðin í því, sem vèr sögðum um hinn rafurmagnaða líkneskjudans, rafurmagnshríngínguna, rafurmagnsbyssuna og nokkrar tilraunir aðrar með rafurmagnsvèlinni? Til hvers er rafurmagnsmælirinn hafður? Hvernig er rafurmagnshengillinn? enn rafurmagnsnálin? enn *Henleys* og *Bennets* rafurmagnsmælar? Hvernig komumst vèr að því, að tegundir rafurmagnsins væru tvær og hvor annari gagnstæð? Hvað sögðum vèr um það sögulegt? Hver er munurinn, sem vèr töluðum um, á fram- og bak-rafurmagninu? — Hvaða tilraunir sýndu oss bundið og leyst rafurmagn? Hvaða tól höfðum vèr til þess, og hvernig eru þau í hátt? Hvað er það, sem kallað er starfsvæði rafurmagnsins, og höggfæri þess eða neistavídd? Hvernig eru rafurmagnsaukarnir í hátt og rafurmagnsflaskan? Hvernig er hún hlaðin og affermd? Hvaða tilraunir gjörðum vèr fyrst með henni? — Hver var orsökin til þess, að menn fundu hið aukna rafurmagn? Hvernig er Franklínstöflunni varið? Hvernig voru þær tilraunir, sem vèr gjörðum með brèfhúsinu? — Hvernig er eldíngataflan búin til? og hvað er það sem hún sýnir oss? — Hvernig orsakaðist það, að menn uppgötvuðu rafurmagnskastalann? Hvernig er hann settur upp, hlaðinn og affermdur? Hverjar eru þær hinar helztu varúðarreglur, sem gæta skal við hleðslu stórra rafurmagnskastala? Hvaða tilraunir gjörðum vèr með rafurmagnskastalanum? Hvaða dæmi tókum vèr uppá all það, sem neistar hinna stóru kastala hafa? Hver er höfundur rafurmagnsberans? Hvernig er hann lagaður? Hverjir eru aðalpartar hans? Hvað er athugaverðast um lokið á honum? Hverjar voru þær fimm tilraunir, sem vèr gjörðum með tóli þessu? Hvernig gjörðum vèr oss grein fyrir þeim? — Hvernig er lögmálið, sem rafurmagnsberinn sýnir, fyrir veitíngu eða rennsli rafurmagnsins? Hvernig er *Lichtenbergs*-myndunum varið? — Til hvers er rafurmagnshlaðan? Hverjir eru aðalpartar hennar? hvað heita þeir? hver er nytsemi hennar? hver er höfundur hennar, og hver hefir umbætt hana? Hvaða tilraunir gjörðum vèr með tveimur málmtöflum með einángrunarsköptum á? Hvaða tilraunir gjörðum

vèr þar næst á eptir, sem sumar snertu smekkinn, en sumar tilfinnínguna? Hvað sögðum vèr um uppgötvan *Galvanis*? Hvernig hlóðum vèr upp Voltastöpulinn? Hvaða tilraunir gjörðum vèr með honum? Hvernig verða efni vatnsins aðgreind með honum? Hvað gjörði *Volta* eptirtektaverðast viðvíkjandi snertíngar-rafurmagninu? Hvernig er vekendum og leiðendum þessa rafurmagns varið? Hvernig sèst það, að í sínk-skautinu er framrafurmagn, en bak-rafurmagn í eirskautinu? Hvernig eru eldkveikju-tilraunir þær, sem vèr minntumst á að gjöra mætti með stöpli þessum? Eptir hverju fara gæði Volta-stöpulsins helzt? Hvaða athugasemdir gjörðum vèr á eptir tilraunum vorum viðvíkjandi þessu? Hvað sögðum vèr um það, að upp mætti leysa ilti og alkalía og sölt? Hverjir eru aðalgallarnir á Voltastöplinum? Hvernig er hinn óbreytanlegi sínk-kola-kastali *Bunsens*? Hvernig eru liðir hans tengdir saman? Hvernig er hinn þurri zambónsstöpull? Hvernig er *a)* hinn rafurmagnaði síkvikandi, og *b)* rafurmagnsmælir *Bonenbergs*? Hvað sögðum vèr um Galvanssteypuna? — Hver eru aðalatriðin í líkíngunni milli rafurmagnsins og segulaflsins? Hvaða uppgötvanir eru það, sem *Örsted* gjörði árið 1820, og sem hèr að lúta? Hvernig geta menn gjört undirstöðutilraunirnar um áhrif rafurmagnsstraumsins á segulinn? Hvaða tilraunir gjörðum vèr um það? Hvað áttum vèr að sjá af tilraununum með glerpípunum með stálfjöðrunum innan í, og skeifumyndaða járninu? Hvað sögðum vèr um rafurmagnsfiskana? og um rafurmagnstól skötunnar? Hvaða gagn gjörir rafurmagnið á líkama mannsins?

TÍUNDA ATRIÐI.

LOPTSVIÐBURÐIRNIR.

1.
INNGÁNGSORÐ UM LOPTSVIÐBURÐINA.

Þó að vèr sèum nú þegar búnir að telja ærinn fjölda af náttúruviðburðum, þá vantar þó mikið á að þeir sè allir taldir, sem eðlisfræðinni heyra, og sem henni ber að gjöra nokkra grein fyrir. Til dæmis upp á þetta nefnum vèr dögg og hèlu, þoku og ský, regn, snjó, og í einu orði alla loptsviðburði (*Luftphænomener* — loptsjónir — *Meteora*). En það er oss öllum kunnugt, hversu þessi flokkur af náttúruviðburðum hefir mikla þýðíngu fyrir allt lífið, og hversu hann hefir að nokkru leyti fólgið í sèr skilyrðið fyrir hamíngju mannsins, ánægju og rósemi. Þó mun þetta enn betur skýrast fyrir oss í því, sem hèr kemur á eptir.

1. Allir loptsviðburðir greinast í þrjá flokka: 1. Vatnsviðburði (*Vandphænomener*), [dögg, hèla, þoka, ský, snjór o. s. frv.], — 2. eldsviðburði (*Ildphænomener*), [skruggur, vígahnettir, vafurlogar, o. s. frv.], — og 3. ljóssviðburði (*lysende Phænomener*), regnbogi, baugar um sól og túngl, aukasólir, aukatúngl, o. s. frv.].

2. Því meira sem vèr veltum þessum viðburðum fyrir oss og athugum þá lengur, því betur sannfærumst vèr eða komumst að raun um það, að oss heppnast mjög sjaldan að sjá orsakir þeirra með fullri vissu. En vèr skulum ekki lengja þenna formála meira, heldur snúa oss hið skjótasta að athugan sèrhvers viðburðar fyrir sig.

2.
DÖGGIN.

Opt og einatt verðum vèr þess varir á sumarkveldin, að allir þeir líkamir, sem úti eru, eru alsettir þèttum vatnsdropum eða úða, bæði ofan og neðan. Helzt er þetta, ef dagurinn hefir verið heitur og bjartur, og varla nema þegar logn er. Það er sama,

hvort líkaminn er hátt eða lágt í lopti, og hvaða efni í honum er. Það sem hèr er einkum athuganda tökum vèr saman í fáeinar atriðisgreinir.

1. Þenna hinn vatnsríka loptsviðburð köllum vèr dögg (náttfall, áfall), og er hann opt velkominn sláttumönnunum, þegar mikil þurkasumur eru.

2. Þar sem skugga ber á er döggin vön að fara að koma fyrir sólarlag, en annarstaðar eptir það. Döggin liggur á alla nóttina og fer af aptur smátt og smátt með morgninum. Mest er hún þegar hún er nýfallin, og aptur um sólaruppkomuna, en minnst um lágnættið. Döggin er tíðust á sumrin.

3. Mikill munur er á því, hvað hver líkami tekur fúslega við vætu þeirri, sem döggin hefir í för með sèr. Þannig er til að mynda ærinn munur á því, hvað grasið vöknar meira af dögginni en sandurinn; vanalegt gler meira en skygnt látún; lágt liggjandi og berir líkamir meira, en þeir líkamir sem hátt liggja og berir eru.

4. Döggin er ekki annað en vatn, og það öldúngis samskonar og regn- og snjóvatnið er. Það er því rángt að leita eptir uppsprettu daggarinnar í stjörnunum, eins og sumir hafa gjört, eða ímynda sèr að í henni sè fólgin allskonar undarleg öfl og eiginlegleikar. Menn eru nú hèrumbil gengnir úr skugga um eðli daggarinnar, komu hennar og burtför, svo að þar munu varla vera dulin í nein undur nè kynjar. Í dagshitanum rýkur vatnið upp af jörðinni og fyllir loptið smátt og smátt með gufu, og ef að kvöldið er heiðríkt og himininn skýjalaus, þá missa hinir föstu líkamir, sem næst eru jörðinni, mikið af hita sínum við það, er ilgeislar þeirra streyma burtu frá þeim, og kólnar þá jarðloptið að neðan (sbr. 6. gr. í atr. um hitann). En við þenna kulda breytist vatnsgufan í loptinu í dögg, og fellur niður á jörðina. Þegar himininn er skýjaður kemur þar á móti engin dögg á jörðina, vegna þess að skýin varna þá jörðinni eða líkömunum á henni að sleppa frá sèr dagshitanum, eða senda ilgeislana burt frá sèr. Daggarmegn líkamanna fer eptir því, hvað mikið eða lítið þeir senda frá sèr af ilgeislum. Loptið er opt og tíðum 4 eða 5 stigum heitara en döggvað gras, og 8 eða 9 stigum heitara en döggvuð ull eða fiður (þetta er mælt á hinn hundraðskipta hitamæli). Eptir því sem hitamunur loptsins og líkamanna hverfur, eptir því mínkar og döggin, og þegar munurinn er ekki orðinn neinn, þá

fer döggin burt með öllu. Af þessu er það auðráðið, að döggin hlýtur að vera mest í kríng um sólarlag og sólaruppkomu, og minnst um lágnætti. Þá er og auðskilið hvers vegna menn skipta dögginni í kveld- og morgundögg.

5. Döggin er mjög nytsöm fyrir náttúruna og jafnvel ómissandi, því hún vökvar allan jarðargróða. Nytsemi daggarinnar er þess vegna mest í þurkum. Þá er hún og ekki síður fögur og unaðsleg fyrir augað, þegar sólargeislarnir tindra á daggarhnöppunum. Döggin færir grösunum nýtt líf og fjör, og hefir þægilega svalanda kulda í för með sèr.

6. Enn er og sá náttúruviðburður til, sem í fljótu bragði er mjög líkur dögginni, en er þó í raun og veru frábrugðinn henni. Vèr eigum við hunángsdöggina, sem kölluð er, en það er límkennd vökvategund, sem kemur á viss trè og jarðar-ávöxtu, en aldrei á suma líkami, t. a. m. steina, bjálka, borð, málma, o. s. frv. Það eru öll líkindi til, að hunángsdöggin komi frá þeim líkömum sjálfum, sem hún sezt á. Að minnsta kosti höfum vèr enga ástæðu til að halda, að hún myndist í loptinu, eða komi frá því. Sama er og að segja um mèldöggina, sem er einhverskonar límkennt efni, mjölkynjað, er aldrei kemur nema á vissar grasategundir, og þykir þá vottur um sjúkleika í þeim. Á korninu þykir mèldöggin ætíð vera í för með bruna. En vegna þess að það má varna honum með því, að velja vel korn það, sem haft er til útsáðs, og undirbúa akurinn sem bezt, þá er og engin ástæða til þess að ætla, að mèldöggin eigi rót sína í loptinu. Mèldöggin lýsir sèr ætíð í hvítum blettum á blöðum jurtanna. Til eru og pöddur þær, sem dreifa sætum vökva á jurtirnar, og er það á stundum kallað húnángsdögg. Í þenna vökva sækja maurar, því þeim þykir hann harla góður.

7. Aldrei er jafn-hætt við því, að úng grös og nýsprottin blóm frjósi og deyi, sem á kaldri vor-nóttu og heiðskírri. Bezta ráðið er þá, að breiða eitthvað yfir hin úngu grös á kveldin, því þegar það er gjört, eru varla dæmi til að næturkuldinn hafi orðið þeim að tjóni, því þau njóta þá alls þess hita, sem er í loptinu í kríngum þau. En ef þau hefði verið ber, þá kasta þau frá sèr nokkru af ilgeislum sínum, og verða 4 eða 5 stigum kaldari en ella. — Það er alkunnugt, að næturfrostið á vorin er ekki eins hættulegt uppi á hæðum og á láglendi; það kemur af því, að á heiðskírri vornóttu kólna hin neðri loptlögin miklu meira en hin

efri. Hèr á við að minnast á, að Indverjar búa sèr til frost, því aðferðin, sem þeir hafa við það, kemur saman við myndunarhátt daggarinnar. Indverjar grafa fyrst nokkrar grafir á slèttlendi, og hafa hverja þeirra hèrumbil 3 feta breiða og ½ fets djúpa, þekja þær síðan innan með sykurstaungum og setja þar ofan á flatar leirskálar með vatni í. Skálarnar eiga ekki að vera gleraðar, hvorki að utan nè innan. Ekki getur vatnið lekið niður um þessar leirskálar, en allt af eru þær þó sveittar að utan. Vatnið frýs nú um næturtímann í skálinni, þó að loptshitinn sè 4 eða 5 stig á hundraðskipta mælinn. — Líkt er og því varið, að kalt gler slær sig, þegar það kemur inn í hita, og að gluggar í hituðu herbergi vökna, þegar kalt er úti fyrir.

3.

HÈLA EÐA HRÍM.

Við athugan daggarinnar verður oss nærri því ósjálfrátt að snúa huga vorum til hèlunnar eða hrímsins, sem er engu síður alþekktur náttúruviðburður en döggin.

1. Hèlan er ekki annað, en frosin dögg. — Ef að þeir líkamir, sem döggin fellur á, eru ekki svo heitir, að þeir sè fyrir ofan frostmarkið á hitamælinum, þá breytist vatnsgufan í klaka á sama augnabragðinu og hún snertir þá. Af þessu sèst þá, hvers vegna að trè, þil, gras o. s. frv., er alhvítt af hèlu, þar sem engin hèla er á t. a. m. troðnum götum, graslausu láglendi o. s. frv. — það er og eptirtektavert, að hèlan sýnist verða meiri á grösum og sumum öðrum líkömum, heldur en döggin. það er af því, að þegar daggardroparnir eru búnir að ná vissum þúnga, þá detta þeir niður á jörðina; klakapípurnar festast þar á móti við líkamann, og frjósa stundum margar saman. Hèlan getur því smá-vaxið, þángað til að hún beygir og jafnvel brýtur greinar þær og leggi, sem hún hleðst á. þetta sèst bezt í nálviðarskógunum. Ef að snjór kemur ofan á hèlu, þá geta orðið enn meiri brögð að þessu.

2. Hèlan er tíðust á haustin, helzt seinni hluta þess, og fyrra hluta vorsins. Á veturna kemur hèlan aldrei nema á snjóþakta jörð, og það þó sjaldan. — Orsakirnar til þessa eru svo auðsènar af því áður sagða, að vèr þykjumst ekki þurfa að telja þær.

3. þó að hèla og snjór sè í mörgu hvort öðru lík,

þá má þó ekki blanda þeim saman. — Í hèlunni eru allt einar mjög smáar klakanálar, sem festa sig hvervetna utan á líkömunum; snjórinn er þar á móti ætíð laus utan á þeim, og líkastur mjöli eða púðri, en aldrei með nálamynd (sbr. 7. gr. í þessu atriði).

4. Ísíng á veggjum og jörðu, og frostrósir á gluggum eiga mjög skylt við hèluna. — Lesendurnir geta sjálfir gjört sèr grein fyrir útliti þessara náttúruviðburða, og skulum vèr því ekki lýsa þeim, heldur einúngis tala um orsakir þær, sem til þeirra eru.

þegar frost og hörkur hafa lengi gengið, og þá kemur þíða eða hlýviðri á eptir, þá hitnar og gufan, sem í loptinu er. En veggirnir t. a. m. eru þá ekki við búnir hitanum, og halda þeir því kuldanum í sèr, svo að þeir breyta þegar öllum þeim úða eða vatnsgufu, sem á þá fellur, í klaka og svell. því þykkari, sem veggirnir eru, því seinna fer kuldinn úr þeim á vorin. Ekki er það samt rètt ætlað, að orsökin til þessara viðburða sè einúngis sú, að kuldanum, sem inni fyrir er í líkamanum, slái út, því hiti vatnsgufunnar sjálfrar á hèr engu minni þátt í. — Eins stendur og á klakanum eða frostrósunum á gluggaglerinu. Vèr skulum ímynda oss vel heitt herbergi, en úti skyldi vera gaddur og frost. þegar nú að vatnsgufa sú, sem inni er í heitu herberginu, fellur á kalt glerið, þá hlýtur hún að frjósa. Eins kemur og svellið utan á gluggana, helzt á vorin, þegar veðrið hitnar snögglega eptir mikinn kulda. — Að lyktum verðum vèr að geta þess, að menn eru enn ekki búnir að finna myndunarorsakir hinna fjölbreyttu og fögru frostrósa á gluggaglerinu, en að öllum líkindum koma þær af straumum rafurmagns þess, sem í loptinu er. — Af þessu sèst og, að ísíngin kemur af því, þegar vatnsúðinn fellur á helkalda jörðina eða aðra kalda líkami.

4.

þ O K A N.

þokan er og einn af hinum alkunnu náttúruviðburðum. Hún kemur þá helzt, þegar snögglega kólnar í veðri, t. a. m. á sumarkveldin, þegar heitt hefir verið á daginn, og er þá líkast því á stundum, eins og reykur standi upp af hverri tjörn, mýri, á, vatni, vík, o. s. frv. Opt kemur og þoka upp úr rigníngu, og jafnan fyrst á fjöllum uppi, eða heiðum og bersvæði. þetta er

hin almenna þoka, sem allir þekkja, en sú er ein þokutegund, sem kölluð er heimsskautaþoka (jökulþoka eða ísþoka), sem henni er dálítið frábrugðin og vèr munum síðar skýra betur frá.

1. Í atriðinu um hitann minntumst vèr á, hvernig legirnir breytast í gufu við suðuna. þessi hin fjaðurmagnaða gufa er oss optast nær ósjáanleg, nema þegar kalda loptið fellir hana niður aptur í mjög smágjörfum vatns-úða, og efumst vèr ekki um, að lesendur vorir hafi optar eða sjaldnar orðið þess atburðar varir. Eptir því sem gufan kemst lengra burt frá upptökum sínum, eptir því ber og minna á henni, vegna þess að þá fær hún því rýmra svæði til að breiða sig út í, og þá samlagar hún sig því betur andrúmsloptinu, sem hinn minni loptshiti getur þá betur borið hana*). þetta má jafnvel sjá á manns-andanum, þar sem andbert er. Af þessu er það auðráðið, að gufan hlýtur að verða að þoku; 1. þegar gufan kemur út í kaldara lopt, en hún er sprottin upp í; — og 2. þegar lopt, sem fullt er af gufu, snertir yfirborð á öðrum kaldara líkama. þannig verður þá t. a. m. gufan að þoku þegar hún kemur út í kalda loptið, eins og reykurinn, og þetta er myndunarháttur mestallrar þeirrar þoku, sem kemur upp af sjó eða vatni, mýrum, láglendi, skógum, o. s. frv. Hinn myndunarhátturinn er einna fljót-sènastur út við heimsskautin; því þegar loptið með gufunni í kemur að

*) það sem í eðlisfræðinni er kallað gufa, eða vatnsgufa (*Damp*), er ekki algjörlega hið sama og kallað er gufa í daglegu máli. Í daglegu máli kalla menn úðann, reykinn, eða þær yfrið smáu og holu vatnsbólur, sem líða upp í loptið, gufu, en gufa eðlisfræðinnar er hinn þornaði úði eða reykur, og er hann öldúngis ósjáanlegur. þessi gufa er vatn í lopts líki, en úðinn eða reykurinn er vatn samblandað lopti, en ekki samlagað. Menn hafa töflur yfir hvað mikla gufu sá eða sá hiti geti borið, þ. e. hvað miklu vatni hann geti haldið þurru eða þurkað. Hitni loptið meira en því hófi gegnir, þá er það þerrir, stigur þá meiri gufa upp, ef nokkur væta er undir. En kólni loptið úr því hófi, þá kemur svækja, úði, dögg eða regn, því þá er loptshitinn ekki nógur til þess að bera gufuna. Ákvörðun þess hita í mælistigatali, sem mátulegur er til þess að geta borið vissan mæli gufu, heitir á loptrakamælinum daggarmark (*Dugpunkt*). þess vegna getur rakamælirinn sagt til, hvað mikill raki eða gufa er í loptinu, þó heiðskírt sè, og rakamælis-munurinn: hvað lángt loptið er frá því að rignt geti, eða frá svækju, eða hvað mikill þerrir er.

B. G.

jökulbreiðunum, þá breytist hún undir eins í þoku eða vatns-úða. Það er myndunarháttur heimsskautaþokunnar eða jökulþokunnar.

2. Ef að partar þokunnar eru allir saman vatnskenndir, eins og vant er að vera, þá getur hún því að eins haft skaðvæn áhrif á heilsufar manna, að hún komi tíðum upp aptur og aptur og skyggi fyrir sólina. Þetta finna menn meðal annars á því, að þegar þoka er, þá eru menn vanir að vera daufir og drúngafullir, og einhvernveginn óviðkunnanlegir fyrir sjálfa sig. Sú þoka er skaðvæn, sem flytur með sèr allskonar aðkomandi efni, og er það opt, að það er ódaun af henni. Stundum gjörir hún og einhver óhægindi fyrir brjóstinu, og hósta.

3. Einkennilegar tegundir þokunnar eru það, sem kallað er þur þoka, sólarreykur, o. s. frv. Þegar andrúmsloptið er ekki eins þètt í sèr og það á að sèr, og það lítur eins út og þunn skýla liggi yfir þeim líkömum, sem lángt eru í burt, eða ef að sólin er dimmrauð á lit skömmu áður en hún gengur undir, eða þegar hún er ný-komin upp, eða ef hún sèst ekki, þó ekkert virðist skyggja á hana á loptinu, þá er það þessi hin einkennilega þoka, sem veldur því. Hin þurra þoka var mjög tíð árið 1783. Sást hún þá allt af, frá því í maímánuði og þángað til í ágústmánuði, og náði yfir mikinn hluta Norðurálfunnar og Atlantshafsins. Leit það svo út, eins og hún stæði í einhverju sambandi við jarðskjálftann mikla í Kalabríu og eldgosið á Íslandi.

5.
SKÝIN.

Aðalmunurinn á þoku og skýjum er fólginn í fjarlægðarmun þeirra frá jörðinni. Þegar gufan þèttist, eða dregur sig saman í hinu neðra andrúmslopti, þá myndast þokan, eins og áður er sagt, en ef hún dregst ekki saman fyr en töluvert hærra í lopti, þá myndast skýin. Sè maður staddur uppi á háu fjalli, skýþöktu, þá verður maður þar var við svipaða vætu eða úða, einsog í vanalegri þoku. Úðinn í skýinu reynist þá öldúngis jafn-þèttur úðanum í þokunni.

1. Þegar loptið er á öðrum staðnum töluvert heitara en á öðrum, og þó á báðum stöðum nærri því svo vætufullt, sem það getur mest orðið, og það blandast síðan saman, þá fer vatnsgufan niður, eins og áður er sagt. Og í hvert skipti, sem vætufullt

lopt rennur framhjá einhverjum háum líkama, t. a. m. turni eða fjalli, þá myndast þar ský. Þannig stendur líklega á um myndun þeirra skýja, sem fyrst byrja á toppum fjallanna, en smá-aukast síðan og leggja þau öll undir sig. Þessi ský eru all-tíð á kvöldin, því þegar fjallið kólnar meira að utan, en loptið á sömu hæð í kríng um það, þá verður gufan í loptinu, sem fram hjá því rennur, að skýjum, við það er hún þèttist. Þetta ber og opt við á daginn. Þegar nú hið aðkomanda lopt er allt af nógu heitt til þess, að það geti tekið við nýrri og nýrri gufu, þá vex og skýið einatt þeim megin á fjallinu, sem áveðurs er. Ber það þá opt við, að það eyðist hinumegin og líður út í loptið í gufu. Það er auðskilið, að þessum fjallaskýjum fylgir optast nær regn, vegna þess að þau myndast aldrei nema loptið sè fullt af vætu.

2. Það er all-títt, að skýin draga sig saman á snjólögðum fjöllum og jöklum, og þegar veðrið er óstöðugt, þá er eins og hvort reki annað á sömu stundinni, ský og heiðríkja. Þetta hlýtur að koma af einhverjum köldum loptstraumum, sem vegna hæðar sinnar geta ekki orðið nógu vætufullir til þess, að þeir myndi nokkurt ský, fyr en þeir lækka í lopti og snerta hin heitari lög þess og vætufyllri. Þá mynda þeir stór og smá ský, og skilja þau þar eptir, sem þeir fara um. Netaskýin, sem opt eru firna hátt í lopti uppi, og lengi geta verið svo, að engin breyting verði sèn á þeim, eiga líklega rót sína í því, að hinir efri loptstraumar eru heitari en hinir neðri. Þau eru annars vön að vita á gott og hlýtt veður. Það var ætlan hinna eldri náttúrufræðínga, að hin hvítu netaský væri snjór, sem svifi hátt í lopti, og væri svo lèttur, að hann gæti ekki fallið niður á jörðina. En það er líklegt að menn fái seint fulla vissu fyrir þessu. Sú ætlan er annars sprottin af því, að menn sjá svo opt aukasólir í netaskýjunum.

3. Öll ský eru í andrúmsloptinu, og aldrei eru þau hærra en það nær. Hæð skýjanna verður bezt sèn af fjöllunum. Stundum nema skýin staðar á fjallatoppunum, stundum á hlíðunum og stundum fara þau fyrir ofan þau. Því dimmari, sem skýin eru ílits, því nær eru þau, en því fjær manni, sem þau eru bjartari eða ljósari tilsýndar. Skýin eru sjaldan meira en 6000 feta hátt í lopti. Þó sèst það af fjöllunum í Austur- og Vesturálfunum, að þau geta verið einnar mílu hátt. Orsökin til þess, að loptið

getur valdið skýjunum, er efalaust sú, að skýdroparnir (úðakornin) eru fullir af lèttara lopti, en það er, sem skýin berast á.

6.

REGNIÐ.

Vèr nefnum regnið ymsum nöfnum, eptir eðli þess og mikilleika, t. a. m. skúr, dembu, hryðju, helliregn o. s. frv., en vèr sleppum þessari skiptíngu, bæði þess vegna, að hún er hverjum manni kunn, og vegna þess, að henni verður ekki lýst nema með töluverðri orðalengíngu. Þar á móti skulum vèr reyna til að gjöra oss nokkra grein fyrir uppruna regnsins, og þeim efnum, sem blandast við það og verða því samfara.

1. Orsakir þoku og skýja eru einnig orsakir regnsins, en sá er munurinn, að þessar orsakir verða að vera töluvert aflmeiri, eða eins og afkastameiri, til þess að þar af komi regn. Optast nær myndast fyrst dálítið ský í loptinu, sem bæði fer allt af smátt og smátt vaxanda og verður jafnframt einatt dimmra og dimmra ílits, þángað til loksins, að vatnsdropar þess falla niður á jörðina eptir vissum kríngumstæðum. Þetta kemur og á stundum hèrumbil eins fram við þokuna. Ef að vætan eða úðinn fer á hverju augnabragði vaxandi í þokunni, þá falla og vatnsdropar hennar á endanum niður á jörðina, og er það þá optast nær svækja, úði eða smáregn, sem kallað er. Annars er aðalmunurinn á þessu regni og öðru í því fólginn, að það kemur frá hinum neðri lögum loptsins, eða byrjar ekki eins hátt í því. En eins og hvert annað regn á það rót sína í því, að loptið greinir frá sèr vatnsgufuna. Líklegt er, að þessi aðgreiníng byrji eða verði helzt við það, er skýin mæta einhverri fyrirstöðu á leið sinni, þá er loptstraumarnir bera þau áfram. Af þessu verður það og skiljanlegt, hvers vegna að hinir væturíku sævindar eru svo regnsælir, þá er skýin á þeim rekast á fjöllin á landi uppi. Þegar vèr undanskiljum skrugguregn, steypiregn og skýstrokka, sem rafurmagnið á svo mikinn þátt í, þá er, ef til vill, þessi hin auðvelda skýríng nóg til þess, að gjöra sèr grein fyrir öllum öðrum tegundum regns: að þegar tvö mis-heit loptslög, sem eru nærri því full-hlaðin af vætu, blandast saman, þá kemur regn.

2. Regnvatnið er optast nær hreint; þó getur svo staðið á,

að það sè blandað ymsum óviðkomandi efnum. Þetta sèst meðal annars af kynjaregninu, sem kallað er, og skulum vèr nú fara nokkrum orðum um hinar helztu tegundir þess.

a) Blóðregn. — Það ber við á stundum, að menn sjá rauða dropa á stángli, bæði á húsaveggjum, skógarlaufum, klæðum o. s. frv., og jafnvel í brunnum, tjörnum og öðru straumlausu vatni. Hefir þessi náttúruviðburður opt og einatt orðið hjátrúnni að miklu efni, því þegar þetta sèst, þá æpir hún upp og segir, að það hafi rignt blóði, og viti það á einhverjar skelfíngar, stríð og styrjaldir og fjarskalegar blóðsúthellíngar, eða eitthvað annað, sem henni hugkvæmist að nefna. En allt fyrir það er þó ekkert óeðlilegt í viðburði þessum. — Það er alkunnugt, að fiðrildin verða til úr hýðisormum. En þegar fiðrildið brýzt út úr hýðinu, þá verða þar optast nær fáeinir blóðrauðir dropar eptir sem það lá, meðan það var í hýðinu. Þannig eru nú sumir af þessum hinum hjátrúarsælu blóðdropum undir komnir. Eins er og orsök þeirra í vatninu bæði eðlileg og fyrir laungu kunn. Auk þess, að þau grös eru til, og ekki all-fá, sem hafa rauðleitan safa eða vökva í rótum sínum, sem opt blandast saman við vatnið, þá er og slíkur fjöldi af rauðum smádýrum til í vatninu, að torfur þeirra eru eins og blóðskellur á að sjá. Sjálf eru þessi dýr svo smá, að menn geta ekki sèð að það sè dýr, nema í hinum allra beztu sjónaukum. Hèr við bætist og það, að dæmi eru til að regnið hefir komið rautt niður úr loptinu. Þetta bar t. a. m. við í *Brüssel* árið 1646, og þótti hið mesta undur. Það tókst og svo til, að menn urðu þess fyrst varir í Kapúsínaklaustri nokkru, og leiddu múnkarnir ymsar gátur að, hverju slík firn mundu sæta. En með því að það komst skjótt upp, að þetta regn hafði víðar komið en á klaustrið, þá fundu menn og bráðum hver orsökin var, en hún var sú, að í sumarhitanum höfðu yms efni í jörðinni gufað upp og blandazt saman við loptið, eða rèttara sagt regnið, og litað það. — 2. dag nóvembermánaðar árið 1819 rigndi og blóðrauðu regni hjá Blankenbergi á Flæmíngjalandi. Þessi blóðrigníng stóð yfir hèrumbil fjórðúng stundar, milli nóns og miðmunda. Fór það eins og vant er um flest öll vanabrigði, að margir tóku þetta fyrir einhvern sèrstakan ógæfuboða. En þegar farið var að rannsaka efni regnsins, þá fundu menn að það var saltsýra og „kóbolt", sem litnum olli. — Öllu eptirtektaverðast varð þetta þó á ymsum stöðum í Norður-ítalíu

14. dag marzmánaðar 1813. Fyrst dró upp svo svart ský um daginn, að menn urðu að kveikja ljós að líðanda nóni, og þótti þá mörgum nóg um. þetta voðalega ský var fyrst blóðrautt á lit, en síðan ljósrautt eins og glóanda járn. Á endanum snerist það upp í skruggur og eldíngar, og fylgði þar með blóðrautt og stórdropótt helliregn. Margir urðu til að prófa efni regns þessa, og reyndist það þá, að þar var í saman blandað leir, kalk, járn og kolsýra.

b) Brennisteinsregn. — það ber stundum við á vorin, að þegar fjarskaleg stórrigníng eða skrugguregn hefir gengið, þá sèst gulleit skán eða himna ofan á vatninu. Óvitrir menn hafa haldið, að í þessari himnu væri brennisteinn, og sagt, að þá hafi rignt brennisteini. En ef maður tekur himnuna ofan af vatninu og þurkar hana, þá má brátt finna, að það er enginn brennisteinn i henni: því hvorki kviknar á henni við eld, nè heldur kemur nein brennisteinslykt af henni. Menn hafa og komizt að efni og orsök þessarar himnu, en hún er sú: að til eru margar þær viðartegundir, sem eru ríkar af gulu blómdupti, og þegar stórrigníngar koma, þá skola þær því af trjám þessum og bera það saman, og við það myndast hin gula himna á vatninu.

c) Kornregn. — það getur hæglega borið við, að vindurinn beri korn upp í loptið, og það komi svo niður aptur á jörðina eins og regn. En þar að auki hafa menn og fundið aðra orsök til undurs þessa, og það er sú, að til eru margar smá-jurtir, sem í marz- og aprílmánuðum springa út. Jurtir þessar eiga nærriþví allstaðar heima, og vaxa í stórum flokkum bæði í mýrum og með sjó fram. Rætur þeirra eru mjög svo ofan-jarðar, og þekkjast varla frá byggkorninu, svo eru þær líkar þeim í laginu. þegar nú að stórviðrin hvirfla þessum jurtarótum upp í loptið, þá rignir þeim niður aptur svo ákaflega, að þær liggja stundum í hrönnum á jörðinni. — þetta er hin tíðasta orsök kornrignínganna.

d) Steinregn. — það helzta, sem sagt verður um þenna náttúruviðburð, munum vèr segja þar sem talað verður um víga-hnettina (*Ildkugler*). [Sjá 12. gr. hèr á eptir].

þannig höfum vèr þá gjört oss nokkra grein fyrir ásigkomulagi og orsökum blóðregnsins, brennisteinsregnsins og kornregnsins, en þá er eptir að vita, hvað menn eigi að ímynda sèr um eldregnið, fræregnið og ymsar aðrar svipaðar regntegundir. það fyrsta, sem um þær er að segja, er það, að þær fara allar eptir-

vissum lögum náttúrunnar og eru sprottnar af náttúrlegum rótum. Ef að vatnið í regninu er nógu rafurmagnað til þess, að droparnir geti orðið lýsandi, þá er eldregnið komið. — Vindurinn þeytir grasfræinu saman í hauga, og vatnið tekur þá aptur með sèr, og halda þá sumir að því hafi rignt úr lopti ofan, og kalla það frægregn. — þessi fáu dæmi sýna það, að þegar maður er nógu aðgætinn, og nógu stilltur til þess að rannsaka viðburðina, þá verða hinir undarlegustu viðburðir opt og tíðum svo auðveldir og eðlilegir, sem mest má verða. Menn skyldu því ætíð varast alla hleypidóma um náttúruviðburðina, en athuga þá með skynsamlegri og stillilegri rannsókn.

7.
SNJÓRINN.

Snjórinn kemur niður frá skýjum, sem líta öldúngis eins út og regnskýin, og eru þeim náskyld. Allt það sem hèr að framan hefir nú verið sagt um vatnið yfirhöfuð, á og við um snjóvatnið, og má nota það á ymsa vegu, eins og regnvatnið. En þess ber að gæta, að í snjóvatninu eru aldrei nein saltkynjuð efni nè saltpètur.

1. það er hvorttveggja, að snjókornin eru harla mörg, enda eru þau og mikið skoðunarefni og mjög eptirtektaverð, því þó að þau hafi nærri því sína myndina hvert, þá eru samt allar þessar myndir reglulegar. Til þess að geta athugað myndir snjókornanna verður að taka þau upp á brèf eða silki, þegar vel er kalt á veturna. Sèst það þá fljótt, að það er eins og að geislar standi út af hverju korni. þegar betur er aðgætt reynist það, að í hverju korni eru vanir að vera 6 geislar, eins og hèr er sýnt í 244. myndinni. Hornin milli geislanna eru öll jafn-stór, og allir liggja þeir í sama fletinum. Hornageislar þessir mynda þannig aðdáanlega fagra stjörnu úr hverju korni. þessi sexgeislamynd snjókornanna

244. mynd.



er láng-algengust, og þess vegna fjölbreytt mjög. Stundum eru þó snjókornin enn öðruvísi löguð, t. a. m. eins og fjöðurskegg. En hvernig sem kornmyndin er, þá sèst þó, að sexhyrníngs eða sexstrendíngs-myndin er eins og undir niðri; það er frummynd kornanna, sem ætíð bólar meira eða minna á. Það er ætlan manna, að þessi sexhliðamynd sè starfi rafurmagnsins, en engin vissa er þó til fyrir því. Það hefir ekki heldur verið rannsakað enn, hvort margbreytnin á snjókornamyndunum fer eptir rafurmagnstegundunum, og það verður, ef til vill, aldrei sèð með vissu, þar sem menn geta ekki búið til snjó, eins og menn geta búið til klaka.

2. Það er eins um snjóinn og regnið, að hann er opt rauður á lit. Á Mundíafjöllum er snjórinn nærri því ætíð rauðleitur eða mórauður. En það er ekki nema allra efst. Eins eru og jökulbreiður heimsskautanna tíðum þaktar rauðri blæju, líkast því sem rautt snjóföl liggi ofan á þeim. Kemur þetta af ymsu rauðleitu dupti, sem vindurinn feykir upp í loptið og blandar saman við snjóinn, líkt og áður var minnzt á um regnið.

3. Í atriðinu um hitann drápum vèr lauslega á nytsemi og gagn snjóarins. Þar var minnzt á, hversu snjórinn er ágætur til þess að lífga með helfrosna menn, og til þess að verja jörðina og ávöxtu hennar fyrir hinum skaðvænu áhrifum frosts og kulda. Nytsemi snjóarins fer nærri því öll eptir þeim eiginlegleika hans, að hann er svo illur leiðandi hita og kulda. Heimsskautabúarnir nota snjóinn á ymsa vegu sèr til skjóls og hæginda. Þannig eru kofar Grænlendínga allan veturinn undir snjó, og fyrir þá sök eru þeir eins ákaflega heitir og þeir eru. Indíanar, sem norðast búa í Vesturálfunni, hafa ekki önnur hús en snjóhús til að vera í.

8.

HAGL.

Ef vèr berum hin skrautlegu snjókorn saman við haglkorn, þá sjáum vèr brátt, að það er sinn háttur á hvorum. Sumir hafa sagt, að haglið væri frosið regn, og er það ekki ástæðulaust með öllu. Haglkornin geta orðið firna stór, svo að eitt haglèl getur á einni svipstundu eyðilagt heila akra og merkur, brotið glugga, sært menn og skepnur og jafnvel drepið. Það er ekki dæmalaust, að haglkornin verði eins stór og dúfuegg eða hænsa. Það er varla unnt að gjöra sèr neina hugmynd um hin

stórkostlegu haglèl, því bæði kemur þá slíkur grúi niður af haglkornum, og þar að auki gjöra þau svo fjarskaleg spell og usla, sem sá einn veit, er reynir. Vèr ætlum hèr að segja frá nokkrum dæmum uppá þetta.

Árið 1792 kom ógnarlegt haglèl 3. dag septembermánaðar í *Beverungen* í *Paderborn*. Élið stóð eina stund, og var svo svart, að ekki sá handa skil. Eptir èlið lá haglið í hrönnum, sem víða voru meira en eins fets djúpar. Kornin voru á stærð við valhnetur. Svo mikið vatnsflóð kom á eptir hagli þessu, að það streymdi inn í mörg hús og braut víða múrana sundur, en vögnum og heyi velti það um koll og sópaði burtu með sèr. En svo vildi þó heppilega til, að hagli hafði skellt upp í borgarhliðið, og þess vegna komst miklu minna vatn inn í borgina, en annars hefði orðið.

Ekki var það hagl minna, sem kom í *Göttingen* og þar í kríng 29. dag aprílmánaðar árið 1800. Því fylgði og vatnsflóð mikið, og skemmdist þá mikið land, hús og garðar. Á einum stað varð haglið svo mikið, að nærri því fennti 58 kýr og 8 kálfa. Sjö dögum seinna voru höglin á stærð við byssukúlur, og 7 dögum þar eptir sáust allvíða nokkrar leifar af þessu tröllefida hagli.

Menn eru enn í nokkrum efa um, hvernig haglið verður til, og menn vita ekki hverjar orsakir muni liggja til svo fjarskalegs og snögglegs kulda í loptinu, að slíkir klakahnausar geti myndazt. Það lítur annars svo út, eins og að haglið nái ekki fullri stærð, fyr en mjög neðarlega í andrúmsloptinu, því þegar haglið kemur lángt niður í hið gufuríka jarðlopt, þá svitnar það að utan af vatni, sem á sama augabragði frýs utan um það. Þetta sèst, ef til vill, af engu betur en því, að skruggur og eldíngar eru optast nær samfara hinum voðalegustu haglhríðum. Það er og sannreynt, að þegar skruggur koma upp úr regni, þá breytist regnið jafnskjótt í hagl.

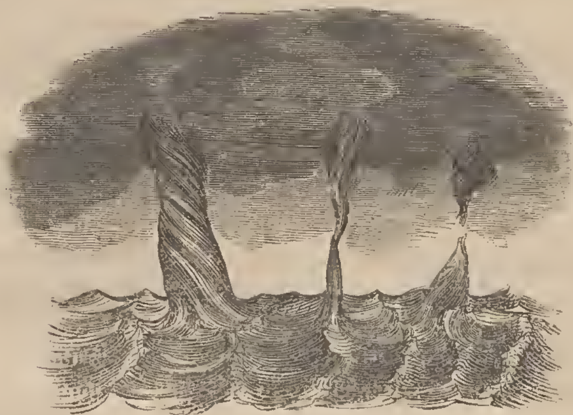
Haglið er aldrei gott fyrir jarðargróðann, heldur er það eitt af þeim náttúruviðburðum, sem eins og mörg önnur bágindi þessa heims eru gæðum hans samfara og verða ekki umflúin. Það er raunar lángt síðan, að farið var að reyna til að finna varnir við haglinu, en þær hafa þó ekki komið að neinu haldi enn. Haglverjan, sem kölluð er, er allt eins ónýt við haglinu og annað. Það hefir reynslan sýnt, t. a. m. á víngörðunum í *Waadt*, sem

voru svo rambyggilega útbúnir með haglverjum, sem unnt er, og eyddust þó í hagli, sem kom 23. dag júlímánaðar 1816. Haglverjan er staung, sem sett er niður á endann og vafin utan með stráreipum. Á seinni hluta næst liðinnar aldar reyndu Frakkar til, að eyða haglinu með fallbyssuskotum, en vèr vitum ekki hvernig þær tilraunir hafa tekizt, nè hvort þeim hefir síðan verið haldið áfram. En hitt er víst, að stórkostlegar skothríðir hafa opt reynzt ágætar í skrugguveðrum. — Bezta ráðið við haglinu eru skaðabótafèlögin.

9.
SKÝSTROKKURINN.

245. myndin er uppdráttur af skýstrokki (*Skypumpe*), og er hann til þess að skýra betur náttúruviðburð þenna, sem annars

245. mynd.



er fremur sjaldsèður. Lýsíngu vora á honum lögum vèr eptir því, sem hinn frægi siglíngamaður *Forster* hefir sagt um upphaf, vöxt og niðurlag á skýstrokki nokkrum, sem hann sá og athugaði milli eyjanna í Nýja Sjálandi (*Ny-Seeland*).

það var eina nótt, segir *Forster*, að það var ákafur stormur, en um morguninn kom nærri því logn. Stöku vindkvikur lèku til og frá um hafið, og lengra undan landi var því líkast sem sólarstafi að sjá, eða regn. En í einni svipan kom eins og hvítur skjöldur á einum stað á sjóinn, og upp af honum stóðu allt einir vatnsþræðir, eins og bunur, og mættu öðrum líkum vatnsþráðum,

sem komu niður á móti þeim úr skýi, sem þar var uppi yfir í loptinu. Að litlum tíma liðnum mynduðust 3 nýir stöplar eða súlur, og var sú, sem næst var skipinu, ekki lengra frá því en hèrumbil $\frac{3}{4}$ úr þýðverskri mílu. Þvermál hennar við sjáfarflöt var eptir áætlun 70 eða 80 faðmar. Sjáfarhljóðið var fjarskalegt, og gufan stóð eins og þykkur reykjarmökkur upp af hafinu. Upp við skýið var stöpullinn gildari en um miðjuna, sem ekki leit út fyrir að vera meira en svo sem 2 eða 3 fet að þvermáli. Vatnið hvirflaðist upp með snigilstraumi. En með því að stöpullinn fór skjótara áfram eptir sjáfarfletinum, en skýið um-loptið, þá varð hann skáhallur nokkuð og bognaði stundum einhvernveginn svo kynlega, að því verður ekki vel lýst. Því nær sem stöpullinn kom skipinu, því meiri varð ókyrleikinn á hafinu, og þess allmeiri hinar stuttu hvirfilbárur, sem á því voru. Stöplarnir stóðu mislengi. En á meðan á þessu stóð, var allt-af að heyra eins og nið eða dunhljóð, líkast fosshljóði í djúpu og þraungu hamragili. Þá fèllu og högl nokkur ofan á þilfarið á skipinu. Að lyktum kom regn, og optar en einusinni gengu eldíngar, en þó fylgdi þeim ekkert skrugguhljóð.

Vèr skulum nú taka það saman í 7 atriði, sem eptirtektaverðast er af því, sem menn hafa reynt um skýstrokkinn. — 1. Skýstrokkarnir koma helzt fyrir nálægt þeim löndum, sem hinir óstöðugu vindar og breytilegur hiti eiga heima í. — 2. Sjaldan eða aldrei er mjög yfirgripsmikið óveður samfara skýstrokknum, en þó er ætíð nokkurt óveður á þeim stað, sem hann er á. — 3. Skammt frá skýstrokknum er ætíð logn. — 4. Skýstrokkurinn tekur hvað sem fyrir honum verður, og skrúfar því upp í háa lopt. — 5. Skýstrokkarnir byrja ýmist í loptinu og fara niður, eða niðri við sjáfarflötinn og fara upp. — 6. Aldrei er samfleytt vatn í skýstrokknum, heldur vatnsúði. — 7. Með tilliti til stærðarinnar eru skýstrokkarnir frá einu til tveggja hundraða feta í þvermæli, og frá 30 til 1500 feta á hæð.

Jafnvel þó að mikil líkindi sè til þess, að skýstrokkurinn eigi rót sína í rafurmagninu*), þá eru þó mörg þau atvik við

*) Ef að vel rafurmagnað ský er hæfilega langt frá jörðinni, þá geta menn ímyndað sèr, að hin rafurmagnstegundin dragist saman andspænis því, og hvirfli upp með sèr bæði sandi, moldu og vatni, þángað til að báðar tegundir eru búnar að jafna sig. Með þessu er hægt að gjöra sèr hugmynd um, hvernig skýstrokkurinn myndast.

þenna náttúruviðburð, sem menn geta ekki gjört sèr grein fyrir. Eða hvernig stendur á skrúfstraumnum upp og ofan eptir gufustöpli hans? — það er og eptirtektavert, að ef fallbyssu er skotið á skýstrokk, þá tvístrast hann allur.

Skýstrokkarnir koma ekki ætíð niður á sjó eða vatni, heldur og stundum á landi (*Landpumper*), og gjöra þeir þá optast nær töluverðan usla. þannig kom t. a. m. skýstrokkur einn árið 1680 niður yfir klukknastöpul, og bar hann í heilu lagi 100 fet þaðan sem hann var. þá var og sá skýstrokkurinn ekki minni, sem árið 1787 kom niður um morguninn 13. dag októbermánaðar skammt frá borginni *Bordeaux* (Bordó) á Frakklandi. Himininn var alskýja, loptið kyrt og vindurinn hverfandi (óstöðugur). Kvikasilfrið í loptsþýngdarmælinum fór ýmist upp eða ofan, og sýndi þannig að töluverð umbrot voru í náttúrunni. Á einni svipstundu hlóðust skýin upp á alla vegu, rètt eins og fjöll, og vindurinn dró þau saman á einn stað; þar á eptir steyptust skýin niður í fleigmynduðum stöpli. þegar svona var komið urðu menn fyrst varir við hvirfilvind þann, sem öllu rèði í skýbólstrinu. þegar innbúarnir heyrðu skruðnínginn í loptinu, hriktið í húsaþökunum, hringlið í gluggunum og brakið í skóginum, þá fór nú að fara um þá, og hèldu sumir hinn efsta dag kominn. Strokkurinn kippti upp einni stórri eik með rótum, skrúfaði hana upp í sig og kastaði henni lángan veg burt. Á endanum tvístraðist skýstrokkurinn þar sem hann byrjaði fyrst, og hvergi höfðu menn orðið hans varir nema á þeim litla depli, sem hann stóð á.

Hin þriðja tegund skýstrokkanna eru hvirfilvindar þeir, sem eiga heima í sandeyðimörkinni *Sahara*. þegar algleymíngíngurinn er á þeim, þá sèr ekki sólina fyrir sandroki. það ber opt við að þeir hvirfla sandinum öldúngis upp í skýin. Menn geta markað hvað þessir vindar eru skaðvænir af því, að það ber opt við að sandi skeflir yfir heilar ferðamannalestir, svo aldrei sèst af þeim hold nè hár síðan.

10.

SKRUGGURNAR.

Menn eru búnir að rannsaka andrúmsloptið á svo marga vegu, að orsakir skruggunnar eru ekki lengur huldar. Í fornöld var þessu öðruvísi háttað um þenna skelfíngarfulla náttúruviðburð, því meðan menn þekktu ekki rafurmagnsneistann var engin von

til þess, að menn þekkti heldur sambandið á milli þessa dularfulla ljóss og eldíngarinnar. Það voru annars fyrst athuganirnar með rafurmagns-flöskunni og rafurmagns-kastalanum, sem komu mönnum algjörlega á rekspölinn með tilraunirnar um rafurmagn loptsins. *Franklin* skygndist hvervetna inn í náttúruna með eigi minni skarpleika en djúpsæi, honum kom það fyrstum til hugar, að nota málmbroddinn til að gjöra rafurmagn loptsins bert og áþreifanlegt. Af öllum sínum mörgu og eptirtektaverðu tilraunum dró hann þá ályktun árið 1747, að eldíngin (skrugguljósið) væri rafurmagnsneisti, og að þegar hún kæmi niður, þá færi hún öldúngis eins og rafurmagnsneistinn fer áfram eptir góðum leiðanda, án þess að gjöra nokkurt tjón af sèr. En þegar hún þar á móti hlypi frá einum leiðanda í annan, þá sagði *Franklin* að hún hefði eyðileggínguna í för með sèr, einkum með því, að bræða líkami þá, sem fyrir henni yrði, eða kveikja í þeim með neista sínum. Tilraunir þær, sem síðan hafa verið gjörðar um þetta efni, sanna ætlun *Franklins*. Af því að *Franklin* hafði engar háar byggíngar til athugana sinna, þá hugsaðist honum að leiða rafurmagnið niður úr skýjunum með taug, sem hann lèt fljúga upp í loptið á brèfdreka, svipuðum þeim, er únglíngar hafa til að leika sèr að. En þegar hann gjörði þetta hefir hann efalaust ekki hugsað eptir þeirri hættu, sem honum var búin. Drekinn þaut upp í loptið og nærri því að skýi einu, sem mjög sýndist vera skrugguþrúngið. *Franklin* hèlt í taugina á drekanum og varð ekki var við nokkurt rafurmagn. Hann fór þá að verða hræddur um, að sèr mundi ætla að mistakast tilraunin. En það fór öðruvísi áður en lauk. Þá kom dálítið regn, svo að taugin varð vot, en við það varð hún enn betri leiðandi, og þá tókst *Franklin* að ná úr henni fáeinum neistum, og varð hann þá glaðari en frá megi segja. En ef taugin hefði orðið gagndrepa, eða ef hún hefði verið betri leiðandi, en hún var, þá hefði þetta auðveldlega getað orðið dauðamein *Franklins*. Svona fór fyrir prófessor *Richmann* í Pètursborg, að þegar hann var að athuga loptsrafurmagnið 6. dag ágústmánaðar 1753 heima í húsi sínu, þá fèkk hann bana sinn af neistanum. Frakklendíngurinn *de Romas* tók upp aptur tilraun *Franklins* með flugdrekanum, og var sú tilraun miklu fullkomnari, eins og eðlilegt var, þar sem hún var þá ekkert frumsmíði lengur. Hann hafði

látúnsþráð í einum þættinum í tauginni, sem fest var við drekann. En til þess að sèr væri engin hætta búin hafði hann 8 eða 10 fetin, sem næst honum voru af tauginni, úr tómu silki, og fyrir affermanda hafði hann látúnsstaung með einángruðu skapti á. En til þess hafði *Franklin* fíngurna, og var það ærin hætta, ef rafurmagnið hefði verið nokkuð mikið. Flugdreki *Romas* komst 550 feta hátt upp í loptið, og flaug hann lángt inn í þrumuský eitt, sem fyrir honum varð. Vèr ætlum ekki að fara að telja upp allar þær ályktanir, sem *Romas* dró af tilraunum sínum. Þess eins getum vèr, að einhvern tíma fèkk hann 30 neista á einni stundu, og voru neistarnir hèrumbil 9 eða 10 feta lángir hver, og þumlúngs digrir. Hljóðið af hverjum neista var áþekkt og af skammbyssu-skoti. — Þessar og aðrar slíkar tilraunir eru nú búnar að sýna það með fullri vissu, að skrugguljósið er framkomið af rafurmagns-efni.

Á undan skrugguveðrinu fara ætíð viss ský, sem annaðhvort myndast á þeim stað, sem skruggan kemur, eða berast þángað annarstaðar að. Þessi ský eru ætíð vön að vera lítil fyrst, en stækka mjög skyndilega. Þau eru einkennileg bæði af því, að þau eru fyrst vön að vera laung og mjó, en breytast síðan allt í einu og verða nærri því krínglótt, og af því, að þau eru jafnan frábrugðin öðrum skýjum að lit. Þrumuskýin eiga optast nær heima í hinum neðri lögum andrúmsloptsins. Mynd eldíngarinnar fer jafnan eptir skjótleika hennar eða hraða. Á þeim stað, sem hún er kyr á, er hún eins í lögun og hnöttótt eldkúla. Eldíngin fer eptir hlykkjabrautum, og er það meðfram af því, að hún þrýstir loptinu svo fast saman fram undan sèr, að það hrindir henni öðruhvoru út af leið sinni.

Skruggan kemur undir eins á eptir eldíngunni, og það er einmitt hún, sem vekur mestan ótta hjá mönnum, og er hún þó í raun og veru hættulaus. Eldínguna ber þar á móti svo skjótt fyrir, að menn festa varla auga á henni, og hræðslan, sem hún vekur, á sèr sjaldan augabragðs aldur. Skruggan eða skruggu-hljóðið stendur aptur miklu lengur yfir og fer með einhverjum hrynjandi ósköpum og ruðníngum í gegnum hið titranda lopt. Það sem einkum gjörir hljóð þetta ógnarlegt, er það, að maður heyrir hvernig það fer allt af vaxanda og kemur nær og nær manni, og minnir mann þannig með þessari styrku rödd, eins og hún er, á háska þann, sem yfir vofir. Hin fyrsta skrugga

ríður undir eins á eptir hinni fyrstu eldíngu. Orsökin til þess, að skruggan heyrist nokkru seinna, en eldíngunni bregður fyrir, liggur bæði í fjarlægð skruggunnar og tímalengdinni, sem hljóðið þarf til þess að komast frá einum stað til annars. Margir halda, að skrugguhljóðið sè ekki annað en bergmál í loptinu. Aðrir þar á móti halda, að það komi af samþjöppun loptsins og þenslu. Þar sem fjöllótt er verða skruggurnar miklu óttalegri en á slèttlendi, því þar eykur bergmál fjallanna á öskurhljóð skruggunnar. Vèr höfum minnzt á hèr að framan, í atriðinu um hljóðið, að menn geta vitað hvað lángt eldíngin er frá þeim, með því, að athuga tímann, sem líður frá því eldíngin sèst og þángað til að skruggan heyrist.

Ef maður hefir 24 eða 30 feta lángar járnstengur, yddar, sem standa á endann uppi á húsum eða hábyggíngum, og sem vel eru einángraðar, þá þarf ekki annað en setja þær í samband við mjög næman rafurmagnsmæli, eins og 246. myndin sýnir, til þess að komast að raun um, að í hreinviðri er loptið ætíð magnað fram-rafurmagni, sem er því meira sem ofar dregur í loptið. Í skrugguveðrum, regni og kafaldi er það ýmist fram- eða bak-rafurmagn, sem í loptinu er, en ætíð er það gagnstætt rafurmagni jarðarinnar. Þegar nú að hinar gagnstæðu rafurmagns-tegundir dragast hvor að annari, þá kemur hreifíng á skýin og myndir þeirra breytast. — Jafnvel þó að fleira mætti segja um orsakirnar til skrugguveðranna, þá ætlum vèr þó ekki að gjöra það, vegna þess að reynslan nær ekki nema sumstaðar til þess. En þó að getgátur sè stundum mjög sennilegar, þá viljum vèr samt ekki taka til þeirra, nema þar sem ekki er annars kostur.

246. mynd.



Þegar maður er búinn að kynna sèr orsakir og eðli skrugguveðranna, þá getur maður ekki fallizt á það lengur, að skruggusteinarnir, sem kallaðir eru, komi niður með eldíngunni. Það þarf raunar ekki annað, en að sjá skruggustein, til þess að sannfærast undir eins um að þetta getur ekki verið. Ef að það væri steinar, sem skruggulostnir menn eða líkamir hefði orðið fyrir, þá yrði þeir að bera þess menjar og vera marðir og hnoðaðir, en það eru þeir aldrei nokkru sinni. Þá er og sú hjátrú heimskuleg, að ef skruggusteinn sè geymdur í húsi, þá sè því óhætt fyrir eldíngunni, og eins ef að þar sè brennt skruggulostu-

um viði. það er og sannreynt, að fjöldi af skruggusteinunum er ekki annað en vopn frá fyrri öldum, og finnast þau opt í haugum fornmanna. — Menn hafa og sagt, að sumar eldíngar væri kaldar, og slökkti hinar, sem heitar væri, en það er eins og menn segði, að sum byssuskotin væri köld. Hvernig sem á stendur er eldíngin jafnan þjótandi rafurmagnsneisti. En það er mikið komið undir eðli og eldfimi þeirra líkama, sem á leið hennar verða, hvort hún kveikir í þeim eða ekki, og undir því, hvort hún fer í gegnum líkamann, eða snertir hann einúngis.

En vèr skulum nú snúa máli voru að eldíngavaranum (*Tordenleder*, *Lynafleder*), sem víða er farið að hafa á stórbyggíngum manna. Hann er búinn til úr járnstaung, sem allt af mjókkar upp eptir og endar í dálítilli eirstaung með hvössum oddi á. Oddurinn er til þess, að staungin geti því betur notið sín á þrumuskýið, og það þó að skýið sè ekki rètt hjá henni. En vegna þess að oddurinn þarf að vera úr málmi, sem ekki bráðnar, þá eru menn vanir að hafa hann úr lýsigulli og hèrumbil 2 þumlúnga lángan. þessi lýsigulls-oddur er hèr sýndur í 247. myndinni. — Járnstaungin er sett á húsið, sem verja skal, og þarf hún að vera frá 21 til 27 feta há, og hèrumbil 1 þumlúngs breið. Reynslan er búin að sýna, að slíkur eldíngavari ver kringlótt svæði jafnlángt út frá sèr á alla vegu, svo stórt, að geisli þess er hálfu lengri, en staungin er sjálf. 30 feta há staung ver þannig 60 fet umhverfis sig. Leiðandinn, sem tengir eldíngavarann við jörðina, þarf að vera úr mörgum járnþráðum, sem vera skulu 15 eða 16 millímeter í þvermál, og liggja þètt saman í knippi. Vænt er að tjarga alla þræðina að utan. Leiðandinn má hvergi vera með götum á, eða neinum þesskonar misfellum; hann skal liggja niður með þakinu eða veggnum, og gánga ekki minna en 12 eða 15 feta djúpt ofan í jörðina. Bezt er að sá endi leiðandans, sem niður gengur í jörðina, kvíslist svo vel út, sem unnt er, því þess betur er hann þá tengdur henni.

247. mynd.

Margra ára reynsla er nú búin að sanna nytsemi eldíngavarans. Ef að hið rafurmagnaða ský fer svo nærri eldíngavaranum, að hann hafi nokkur tölnverð áhrif á það, þá aðgreinir

hann rafurmagn þess og flytur þá grein þess, sem er samnefnd því sem hann er sjálfur hlaðinn, ofan í jörðina, en bætir hinni á sig. Hún dregst þá saman uppi í toppi stángarinnar, og verður því meiri, sem áhrif skýsins eru meiri. En af þessu flýtur, að vætupartarnir, sem eru á milli stángarbroddsins og skýsins, dragast því skjótar niður að honum, og missa þar rafurmagn það, sem skýið hlóð þá með, en hlaða sig um leið gagnstæðu rafurmagni úr stángaroddinum. En þegar svona er komið, firrast þessir vætupartar staungina jafnmikið og þeir áður firrðust skýið, og hlaupa nú móti því, og hlaða sig þar að nýju. Þannig fylgir hleðsla og afferming hvor annari í sífellu, og svo ótt, að þær verða ekki aðgreindar. Þetta fer og optast nær þegjandi fram, því það fer eptir hinu fyrnefnda lögmáli um gagnstæðar tegundir rafurmagns. Af þessu má og ráða, hvers vegna það er, að slíkir eldíngavarar verja allt það, sem nærri þeim er. Það hefir borið við stundum, að rafurmagnið hefir borið svo óðan á, að eldíngavarinn hefir ekki haft við, og kemur þá upp eldíng og hvellur, sem lendir á stángaroddinum og gjörir ekkert tjón. Þegar svona fer, hefir lýsigullsbroddurinn stundum bráðnað, og dropið niður eins og lakk. — Franklín er höfundur eldíngavarans.

En þegar hús manna eru ekki varin með eldíngavara, þá er að taka til annara ráða, og skulum vèr nefna hin helztu af þeim, sem þá hafa verið notuð. Það er þá fyrst, að á meðan að skruggurnar gánga fer maður á þann stað í húsinu, sem lengst er frá öllum góðum rafurmagnsleiðendum, en sá staður er á miðju gólfi í hverju herbergi. Þegar skrugguveður er, er það hættulegast að sitja við glugga, veggi eða ofna, því eldíngin fer opt eptir veggjum og gluggum, þó hún fari ekki inn í húsin. Eins er það og hættulegt, að kinda eld í hlóðunum eða vera í miklum mannfjölda, eða nærri reykháfum, og skyldi maður jafnan varast það, þegar skruggur eru. En súgur er þar á móti víst ekki hættulegur, eins og sumir hafa ætlað. Það er og hættulegt að vera úti á bersvæði, því eldíngin sækir ætíð eptir þeim líkama, sem hæst ber á hverjum stað. Þegar svo stendur á, er ekkert betra, en að leggjast flatur niður á jörðina. Lakast er að vera þá undir eik eða inni í skógi. Náttúrufræðíngurinn *Lichtenberg* kom því með þá uppástúngu, að menn skyldi festa dálítið spjald á hverja þá eik, sem stæði á völlum, einstök sèr, og rita þar á þessi aðvörunarorð: „hèr lendir skruggan á"! Allar líkur eru til, að eik sè beztur

leiðandi af öllum viðartegundum. Gángi maður því í skrugguveðri undir einhverja slíka eik, þá vex hættan meira við það, því bæði eikin og maðurinn draga eins og eldínguna að sèr. Hættulegra er að vera ríðandi en gángandi, þegar svona viðrar, og er þá bezt að stíga af hestinum og fara spölkorn burt frá honum. Á víðavángi er ekkert annað undanfæri betra, en að fara ofan í sprúngur eða gryfjur, því þar ber svo lágt á manni. En hittist nú svo á, að maður sè á ferð í skógi, þegar skruggur gánga, þá er ráðlegast að halda áfram leiðar sinnar: því aðdráttur skógareikanna má sèr þá meira á rafurmagnið, en aðdráttur mannsins.

Það er vert að athuga þau áhrif, sem eldíngin hefir á manninn, þegar hún hæfir hann. Eptir hinum nákvæmustu rannsóknum manna um það efni, verða aðalatriðin þessi: 1. skemmdir þær, sem eldíngin gjörir, eru nærri því allar utan á líkamanum, en sjaldan eða aldrei innan í honum; — 2. utan á hörundinu og innan á klæðunum er jafnan að sjá einsog lautir, í dílum eða rákum; — 3. vegurinn sem eldíngin sýnist að hafa farið eptir á líkamanum, fer hvorki eptir legu kögla, æða nè tauga, heldur stefnir hann nærri því ætíð skemmstu leið til jarðarinnar, eða til einhvers málms á eða hjá manninum; 4. að þeim stöðum undanteknum, sem rafurmagnið hefir stokkið til eða frá, eru beinskemdirnar þar jafnan mestar, sem einhver tálman hefir orðið fyrir frjálsri útbreiðslu rafurmagnsins undir klæðunum; — 5. skemdirnar eru vanar að vera æ því minni sem innar kemur í líkamann; — 6. jafnvel þó að líkaminn sè stundum skemmdur undir skinninu, og maðurinn hafi blóðgazt, þá eru þó hinir innri, smágjörfu partar líkamans vanir að vera óskaddaðir.

Með tilliti til hinna mörgu lífgunar-aðferða, sem ráðið hefir verið til að hafa við skruggulostna menn, þá getum vèr þess eins, að af öllu, sem reynt hefir verið, þykir rafurmagnið vera lángbezt til þess. —

Að endíngu getum vèr tveggja af hinum mörgu og undrunarverðu störfum eldíngarinnar.

Árið 1803, 7. dag ágústmánaðar, sló eldíngu niður í *Sprachendorf* í Slesíu. Þetta var á meðan fólk var í kirkju, og voru þar hèrumbil 1000 manna inni. Eldíngin snart 50 menn, en enginn af þeim dó, nema ein stúlka, sem hafði haft silfurfesti um hálsinn. Festin hafði bráðnað af hitanum. Þar að auki var

og gullskraut á tjá og tundri um kirkjuna, því það hafði eldíngin slitið af þeim, sem báru það. En það var eptirtektavert, að maðurinn, sem setið hafði við gluggann, sem eldíngin kom inn um, var öldúngis óskemmdur; þar á móti voru klæði og fætur sviðnir á báðum sessunautum hans.

13. dag maímánaðar sama ár sló eldíngu niður á smala einn hjá *Drechtow*, sem er dálítið þorp í *Mittelmark* (Miðmörk). Eldíngin hæfði smalann, hundinn hans og 40 fjár, og drap hún það allt saman. Fèð lá á víð og dreif og var allt skáldað, og menn gátu ekki sèð hvað af ullinni var orðið, því hún var gjörsamlega horfin. Öll voru og klæði af smalanum, en á þann hátt höfðu brækur hans rifnað, að menn skildu ekki í hvernig þær hefðu getað losnað við hann. Undir kverk smalans voru tvö göt. Stafurinn hans, tóbakspípan og skinnsálin lágu sitt í hvoru lagi skammt frá líkinu, ofan á dauðri kind, og var það allt skemmt og fordjarfað.

11.

HRÆFARELDUR OG LEIPTUR.

Hræfareldurinn (*St. Elmsild*) er annaðhvort eins og logavisk (þegar rafurmagnið er $+E$), eða eins og eldhnappur (þegar rafurmagnið er $-E$), og sèst varla nema á kveldin eða næturnar. Hann sækir jafnan eptir toppi hvers líkama, t. a. m. siglunni á skipinu, turninum á byggíngum o. s. frv. Fornþjóðirnar kölluðu hræfareldinn *Kastor* og *Pollux*, af því menn sáu hann svo opt í siglutoppinum og reiðanum. Hræfareldurinn kemur helzt, þegar hið neðra andrúmslopt er vel rafurmagnað. það þykjast menn vita, að þegar hræfareldur er uppi, þá komi ekki skruggur nè eldíngar á meðan. það ber við á stundum, að þegar skruggugángur er, þá kemur eitthvað svipað hræfareldi á hár og klæði þeirra manna, sem staddir eru úti á víðavángi.

Leiptrið (*Kornmod*) kemur helzt á sumrin, jafnvel þó að það sè ekki mjög sjaldgæft á neinum tíma ársins. Leiptrið er ekki annað en skruggulaus eldíng. Eðli þess og uppruni er enn ekki kunnugt orðið, en það er víst, að leiptrið er sèrstakur náttúruviðburður, sem ekki má blanda saman við skruggurnar.

12.

STJÖRNUHRÖP OG VÍGAHNETTIR.

Stjörnuhröpin, þessir hinir fagurleiptrandi ljóssviðburðir, sem allir þekkja, sjást á öllum tímum ársins, en þó eru þau mest nóttina fyrir 10. dag ágústmánaðar og næturnar fyrir 11., 12. og 13. dag nóvembermánaðar. Árið 1799 voru stjörnuhröpin svo tíð 12. dag nóvembermánaðar, að menn sáu ljómann af þeim inni í herbergjum sínum. Var þetta ekki einúngis á þýzkalandi og í öðrum löndum Norðurálfunnar, heldur og bæði í Suður- og Vesturálfu heimsins. Árið 1836 sáust og fjarskalega mörg stjörnuhröp. — Menn hafa komizt eptir því, að stjörnuhröpin eru mjög mis-hátt í lopti, en þó jafnan fyrir ofan skýin og þá viðburði, sem þeim eru samfara. Menn hafa jafnvel sagt, að þau væri aldrei lægra í lopti en eina mílu frá jörðu, og það hafa menn þóttzt geta fundið, að þau færi 3 eða 5 mílur á sekúndunni. — það er varla efunarmál, að stjörnuhröpin fara mjög eptir ýmislegu ásigkomulagi loptshitans, veðráttunnar og jafnvel jarðarinnar, en orsakir þeirra og myndunarreglur eru samt ókunnar enn. Stjörnuhröpin koma sjaldan eða aldrei niður á jörðina, heldur er því líkast sem þau slokni út af eða kafni í audrúmsloptinu. þar sem stjörnuhrap hefir komið niður á jörðina, hafa menn á stundum fundið einhverskonar kvoðuefni, sem menn hafa enn ekki getað gjört sèr grein fyrir. Í loptinu getur hún varla hafa orðið til, því efni hennar er komið frá dýrunum. Halinn, sem stundum sèst með stjörnuhrapinu, er víst ekki annað, en ljósrák hins þjótanda leipturs.

Vígahnettirnir eru í sumu tilliti svipaðir stjörnuhröpunum, enda hafa og sumir kallað þá stjörnuhröp. Vígahnettirnir kvikna svona öldúngis upp úr þurru í loptinu, fljúga síðan spottakorn og marka braut sína með ljósrák; að lokunum hverfa þeir, stundum þegjandi en stundum með miklum hvelli. Stærð vígahnattanna er harla mikil; sumir þeirra eru t. a. m. meira en 1000 feta að þvermáli, en sumir ekki stærri en mannshöfuð. Árið 1829, 13. dag nóvembermánaðar sást einn af hinum smærri vígahnöttum skammt frá borginni *Prag*. Hann kom logandi niður á jörðina og tók þá yfir býsna svæði, og kastaði frá sèr tindrandi eldneistum, líkt og sjóðanda járn, þegar því er kippt úr eldinum.

Hann sprakk öldúngis þegjandi. Daginn eptir sáu menn, að jörðin hafði brunnið einnar línu djúpt undir hnettinum, og undruðust hvað lítið það var. Vegna þess að vígahnettirnir koma og hverfa mjög svo allt í sömu svipan, þá er tíminn stuttur til að athuga þá, enda hafa menn og búið sèr til margar getgátur um þá, en vissuna vantar.

En nú, er vèr tölum um vígahnettina, minnumst vèr steinregnsins, sem áður hefir verið nefnt, og hèr á við að skýra betur fyrir sèr. Er það þá tvennt, sem úrlausnar þarf: 1. hvort það sè víst, að steinar komi nokkurn tíma úr lopti ofan — og 2. hverjar sè hinar helztu ætlanir manna um uppruna slíkra steina.

Steinregnið er ekki hugsmíð ein, heldur er það í raun og veru til. — Árið 1803, 26. dag aprílmánaðar, gjörði svo ákafa grjótrigníngu hinn seinna hluta dags hjá *l'Aigle* í Frakklandi (*Departem. de l'Orne*), að þar komu niður hèrumbil 2000 steina á 2 frakkneskum ferhyrníngsmílum. Stærsti steinninn var meira en 17 punda þúngur. Á þenna viðburð horfði mikill grúi manna, og bar þeim öllum hèrumbil saman í lýsíngu hans. Margir smásteinar komu niður skammt frá áhorfendunum, og það lá við að maður yrði fyrir einum þeirra. Hann greip steininn upp og var hann þá svo heitur, að hann varð þegar að sleppa honum niður aptur. — Árið 1715, 13. dag desembermánaðar, kom 56 punda þúngur steinn úr lopti ofan á Englandi; það var að aflíðanda nóni. Þessi steinn gekk 18 þumlúnga djúpt niður í jörðina, og þegar hann náðist upp aptur var hann brennheitur. — Árið 1794, 16. dag janúarmánaðar, kom ein grjótrigníngin hjá *Siena* í hertogadæminu *Toskana*. Þar voru og margir menn við staddir. Steinarnir voru flestir minna en 2 pund á þýngd, og týndu menn fjölda þeirra upp og seldu öðrum þjóðum, helzt Englendíngum.

Þessir himinföllnu steinar geta að þýngdinni til verið frá einu til hundrað punda. Að öðru leyti eru þeir hverjir öðrum líkir, en ólíkir öllum steinum á jörðinni. Af þessu leiðir: 1. að þeir verða allir að hafa sama uppruna, — og 2. að þeir geta ekki verið komnir frá jörðinni upp í loptið, nè úr neinu eldfjalli jarðarinnar. En hvaðan eru þeir þá? — úr túnglinu? — Þó vèr ímynduðum oss að svo væri, erum vèr samt litlu nær, því vèr getum ekki fyrir það gjört oss grein fyrir

sumum atvikum við þá. Fyrst og fremst yrði þá túnglið að geta kastað steinunum út úr aðdráttarsvæði sínu, eða margra þúsund mílna lángan veg. En slíkt kastafl þekkjum vèr ekki hjá túnglinu. Eða hvað mundum vèr þá segja um stjörnuhröpin, sem eru svo lík steinrigníngunum? — það er og ætlan sumra manna, að þessir steinar myndist í andrúmsloptinu af ymsum efnum, sem þángað komi frá jörðinni, en sú ætlan er bæði ólíkleg og getur ekki heldur átt sèr stað: því vèr vitum ekki til, að þau öll sè til í andrúmsloptinu, sem á einni svipstundu geti myndað hina hundrað punda þúngu líkami úr svo smágjörfum gufupörtum. — Líklegast verður að ímynda sèr, að þessir steinar sè einskonar smáhnettir, sem renni um himingeiminn eptir vissum lögum, en hrynji niður á jörðina þegar þeir koma svo nærri henni, að aðdráttarafl hennar getur náð til þeirra. Með þessum einum hætti geta menn gjört sèr fullkomna grein fyrir þeim, og athuganir manna þykja allar koma saman við þessa getgátu.

13.

FLUGDREKAR.

Flugdrekar þeir, sem hèr ræðir um, eru ekki annað en eldkynjaðir náttúruviðburðir. (Náttúrusagan talar um aðra flugdreka). Líklega er það einhver eldfim lopttegund, sem kviknar í og flýgur síðan um loptið, annaðhvort í kúlumynd, eða þá öðruvísi löguð, og dregur einskonar eldslóða eptir sèr. þessir flugdrekar eru vanir að vera nokkrar mínútur á fluginu, og það í þeirri mynd, sem þeim hefir í fyrstunni hlotnazt. Hjátrúin hefir ímyndað sèr, að þessi loptsjón væri einhver illur andi, sem djöfullinn lèði bandamönnum sínum til ymsra erinda eða sendifara. En hvað sem hjátrúin segir, þá vitum vèr þó, að þessir flugdrekar eru ekki annað en leikur náttúrunnar, sem vèr erum enn ekki búnir að komast í fullkominn skilníng um, en megum samt ekki slá slöku við að athuga.

14.

MÝRALJÓS OG VAFURLOGAR.

það er ekki sjaldgæft, að menn sjá ljós brenna á jörðinni, og hefir það komið inn hjá mörgum manni ótta og hjátrú. Af öllum þesskonar ljósum eru mýraljósin (*Lygtemænd*) helzt og eptirtektaverðust. þau eru lángt til að sjá eins og ljós á hreifíngu.

Tíðust eru þau í fenum og foræðum, í kirkjugörðum og á vígvöllum. Menn hafa fjarskalega margar sögur um þau, sumar sannar og sumar ósannar, t. a. m. að þau leiði þá, sem eptir þeim gánga, út í fen og ófærur — að þau flýi þá, sem einhuga veiti þeim eptirför, en elti þá, sem undan þeim renni, o. s. frv. Allar þessar sögur eru á jafu-litlum rökum bygðar og hitt, að mýraljósin sè vofur eða drangar, sem hafi gaman af að hræða menn og villa. Orsökin til þessarar hjátrúar er útlit eða mynd mýraljósanna. — Vèr höfum áður drepið á hvað mýraljósin eru, eða að þau væri ljósberakynjað vatnsefnislopt (*Phosphor-Vandstofgas*), sem andrúmsloptið kveikti á. En ljósberinn fæst úr beinum dýranna og öðrum efnum dýralíkamanna; þess vegna er auðráðið, hvers vegna að mýraljósin eru þar tíðust, sem mest er til af þesskonar efnum í jörðinni. En af efnislèttleika þessarar lopttegundar leiðir það, að hinn minnsti andvari eða blær getur flutt mýraljósin til og frá, svo þau færast stundum fjær og stundum aptur nær manni. Þytur af hlaupanda manni er nógur til þessa, og er það þá aptur næg orsök til hinna fyrnefndu eltínga, þegar svo ber undir. — En ekki eru öll þau ljós, sem vèr sjáum á jörðinni, mýraljós. Sum þeirra eru ekki annað en maurildiskynjaðir ormar, eða eitthvað þesskonar, sem lýsir í myrkri. — Það lítur svo út, eins og mýraljósin hafi verið miklu algengari í fornöld, en nú á tímum, og getur það verið af því, að þá voru meiri fen og stærri skógar í löndunum. Því hreinna sem loptið er, því síður geta mýraljósin þrifizt í því.

Áður en vèr ljúkum máli voru um þetta efni, skulum vèr og minnast á vafurlogana, eða haugaeldana, sem eiga að brenna yfir fólgnu fè eða peníngum. Þessir eldar eru vanir að vera nokkuð stærri um sig en mýraljósin, en eru þeim að öllu leyti líkir mjög, og af sömu rótum runnir. Vafurlogarnir hafa og ekki orðið minna hjátrúarefni en mýraljósin, og eru nógar sögur til um þá. Vèr þurfum varla að taka það fram, hvað lítil fjárvon fylgi eldum þessum, því lesendurnir vita nú hvernig á þeim stendur, og þá er hitt auðráðið.

15.

NORÐURLJÓS.

Þessi náttúruviðburður á einkum heima á Norðurlöndum, eins og nafnið bendir á, og er ljós vottur um dýrð og speki hins

alvísa guðs. Í þessum norðlægu löndum eru veturnir lángir og sólargánguriun stuttur mjög, en þá spretta hin dýrðlegu norðurljós upp þegar minnst varir, og lýsa bæði land og lög með blikandi birtu og lifanda ljósskrauti, sem á einni svipstundu getur þakið svo eða svo mikinn hluta af himingeimnum. Breyta þau opt hinni dimmustu vetrarnótt í hagbjartan dag. 27. dag ágústmánaðar 1817 sáu menn á Hjaltlandi fyrst örmjóa ljósrák í landnorðri; hún leið smátt og smátt upp á loptið, nam staðar og hvarf. Hálfri þriðju stundu síðar kom ljósrákin aptur á sama stað, og var þá miklu bjartari og stærri um sig, en hið fyrra skiptið. Hreifðist hún þá smátt og smátt til landsuðursáttar, og nú þutu hinir ýmislega litu og ýmislega löguðu geislar í sífellu út um allan himin, útnorðanmegin við ljósbogann. Í fyrstunni sýndist hver geisli einúngis vera hvít ljósrák, en síðan urðu þeir bæði fagrari og stærri. Seinast breyttust þeir aptur í jafnhliða þræði, sem þá voru flest-allir fagurrauðir á lit. — Svona var þessu norðurljósi varið, og eru aðalatriðin ætíð hin sömu við þau öll.

það var lángt fram eptir öldum, að menn höfðu ekki orðið neinna annara atvika varir við norðurljósin, en þessara aðalatriða, sem sjást á þeim. En árið 1740 urðu tveir sænskir menn varir við það einkenni þeirra, að á meðan norðurljósin stóðu yfir, þá gat hin frjálsa segulnál (áttavitanálin) varla notið augnabragðs kyrðar. Og þó að þessar hreifíngar á nálinni væri ekki reglubundnar, þá urðu þær þó allt af því ákafari og meiri, sem norðurljósið varð stærra og bjartara. En því er miður, að þessi mikilvæga uppgötvun gat þó ekki gefið mönnum næga skýríngu um uppruna og eðli norðurljósanna. Menn höfðu að sönnu áður ímyndað sèr, að uppspretta norðurljósanna væri fyrir utan andrúmsloptið, en nú þykir sú ætlan ekki vera rètt lengur. þvert á móti virðist rót þeirra vera heldur nær en fjær í andrúmsloptinu. Til þess benda jafnvel þau áhrif, sem norðurljósin hafa á segulnálina*). Athuganir manna eru og búnar að sýna það, að bæði geislárnir og ljóshríngur norðurljósanna eiga sammiðju í hádegisbaugi segulmagnsins. það lítur svo út, eins og það sè

*) Menn hafa ætlazt á um hæð sumra norðurljósa, sem víða hafa verið athuguð, og segja sumir, að hún sè 15 þýðverskar mílur, eða að norðurljósin sè þar í loptinu, sem það er 1,100,000 sinnum lèttara í sèr, en niður við jörðina.

einhver einkennileg ský, sem mynda norðurljósin. Ský þessi koma norðan að frá heimsskautinu, og eru úr einhverju smágjörfu efni, sem í vissum kríngumstæðum getur orðið lýsandi; þau eru svo lètt, að þau geta lengi verið að svífa til og frá um loptið. það er og eptirtektavert, hvað norðurljósin geta verið lík rafurmagninu, þegar það er látið streyma út úr loptþynntu rúmi. — Norðurljósin sjást aldrei sunnar en á Spáni og í Portúgal, og verða einatt því meiri og tíðari, sem norðar dregur. — En þau byrja aptur fyrir sunnan miðjarðarlínuna, og fara þá eins vaxandi móti suðurskauti hnattarins; þar kalla menn þau suðurljós.

16.

REGNBOGINN.

Regnboginn er einhver hinn fríðasti og undir eins tignarlegasti náttúruviðburður. Hann myndast á einu augnabragði, og fyr en nokkurn varir stendur friðarboginn spenntur í skýjunum, og brosir við hinni friðþægðu jörðu með ómetanlegu litaskrauti og í allri sinni dýrð. Hann styður fótum sínum á jörðina, og myndar svo hina ljómandi bifröst, sem tengir himin og jörð saman. — Vèr skulum nú setja á oss fáeinar atriðisgreinir um regnbogann.

1. Regnboginn sèst ekki nema þegar regn og sólskin er samfara; þegar sólin og skýin eru andspænis honum á loptinu, og þegar sú lína, sem dregin væri frá sólinni í gegnum auga áhorfandans, lendir á bogauum miðjum.

2. Stærð regnbogans fer eptir því, í hvaða átt sólin er á loptinu. — Stærstur er boginn um sólaruppkomu og sólarlag, og þá er hann rèttur hríngshelmíngur, en aldrei endrar nær. þá er það, sem hann nær nærri því 45 stiga hæð, eða helmíngi þeirrar vegalengdar, sem er frá sjóndeildarhríng upp að hvirfildepli manns (*Zenith*). Menn halda raunar almennt, að hann muni vera miklu hærri, og er það af því, að þeim sýnist ekki himinhvolfið vera eins kúluhvelft og það er, heldur miklu flatara.

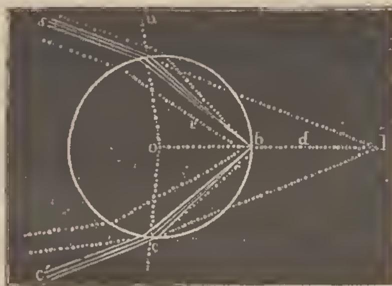
3. Regnboginn sèst stundum allur, og stundum í pörtum; stundum einfaldur og stundum tvöfaldur. — þegar boginn er tvöfaldur, þá köllum vèr annan þeirra aðalboga, en hinn aukaboga. Í aðalboganum sjáum vèr strendíngslitina alla á þann hátt, að fjóluliturinn er innst, en hinn rauði

yzt. Aukaboginn liggur ætíð samhliða aðalboganum, en er ekki nærri því eins fagur; í honum eru litirnir í gagnstæðri röð; rauði liturinn innst, en fjóluliturinn yzt. Á milli boganna eru vön að vera hèrumbil 10 stig; aðalboginn er ætíð neðar á himninum en aukaboginn.

Með tilliti til hinnar fyrstu atriðisgreinar hafa náttúrufræðíngarnir lengi ætlað, að **regnboginn** kæmi af **geislabroti í regndropunum**, og er það rètt ætlað. Vilji maður gjöra sèr þetta skiljanlegt, þá þarf ekki annað en athuga geislabrotið í hinum niður-fallandi dropum vatnsbununnar, þegar sólin er andspænis manni. Vatnsbunan verður að stefna upp í loptið og eru því hinar smáu slökkvivèlar einkar hentugar til slíkra tilrauna. En hafi maður þær ekki, þá má taka glerstaup með vatni í, og horfa í gegnum það á sólina. Þá sèst litaskraut regnbogans í staupinu.

Í 248. myndinni er vegur sólargeislans í vatnsdropanum sýndur. Hríngurinn *abca* er dálítill vatnsdropi, en *sa* er sólargeisli, sem á honum lendir.

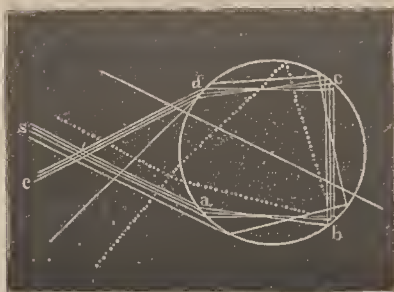
248. mynd.



Þegar hann kemur að *a*, þá brotnar hann svo, að hann kemur út aptur við *b*. En frá *b* kastast nokkuð af geislanum aptur til depilsins *c*, en nokkuð fer út í loptið og brotnar þá að nýju. Hinn parturinn brotnar og að nýju við *c*, og fer þar út í loptið eptir stefnunni *cc′*. Við þetta er margt aðgætandi: t. a. m. 1. að allir þeir geislar, sem á dropann koma, mega álítast innbyrðis samhliða, vegna þeirra orsaka, sem getið var um, þegar talað var um hinar hvelfdu skuggsjár. En þegar þeir yfirgefa hina litlu vatnskúlu, fara þeir þó sinn eptir hverri stefnu. (Þetta sèst af samanburði púnkta- og striklínanna í myndinni). — 2. Vegna brots þess, sem geislarnir þola í dropanum, skiptast þeir og á sama hátt eins og í glerstrendíngnum; þess vegna er ljósið, sem maður sèr, ætíð litað: rautt, blátt, gult, o. s. frv. — 3. Enginn **einn** geisli, sem út kemur úr dropanum, má sèr svona mikils, heldur verða

þeir að vera fleiri saman og samhliða. En í öllum þeim geislafjölda, sem dropinn sendir auganu, eru mjög margir, sem lítið stefna hver út frá öðrum, og hafa því viðlíka áhrif á augað og þeir væri knippi eða vöndlar af samhliða geislum. — 1. Einmitt þessi geislaknippi eru það, sem koma fram litum þeim, sem augað sèr; þau mynda hèrumbil 42 stiga horn við aðkastsgeislann. Ef maður tekur hríngfara (sirkil), og lýkur honum svo mikið upp, að 42 stiga horn sè á milli arma hans, haldi síðan toppi hans fyrir auga sèr og láti annan arminn stefna á miðdepil regnbogans, þá stefnir hinn á regnbogann sjálfan. Ef maður hreifir nú hríngfarann þannig fyrir auga sèr, að sú álman standi kyr, sem á miðdepilinn stefnir, þá fer hin alltaf eptir boganum, eða sýnir legu hans í skýjunum. (þetta verður varla gjört, svo vel fari, með hverjum hríngfara sem er). þetta er nóg til þess, að geta reiknað út hæð regnbogans eptir sólarhæðinni. Munurinn milli 42° og sólarhæðarinnar er þá hæð regnbogans. — Hvað ætla að regnbogahæðin sè þá mikil, þegar sólarhæðin er 10, 20, 30°, o. s. frv.? — Og hvers vegna geta menn ekki sèð neinn regnboga á loptinu, þegar sólarhæðin er 42°, eða þar yfir? — Af þessu flýtur, að þegar sólargángur er hæstur sjá menn aldrei regnboga vissan tíma dags, en þegar hann er lægstur sjá menn hann eins um hádegið og endrar nær. Aukaboginn myndast af regndropum þeim, sem hærra eru í loptinu, og sýnir 249. myndin veg geislans í þeim. *s a* er geislinn, eða geislavöndullinn. Í deplinum *a* hittir hann regnbogann *abcd*, og brotnar þar hið fyrsta sinn, en í deplinum *b* kastast hann fyrsta sinn aptur; í *c* kastast hann aptur í annað sinn, en í *d* brotnar hann í annað sinn. Af þessu er munurinn á geislabraut þessa boga og aðalbogans auðsèður. Stærðafræðin kennir, að sá geislavöndull, sem aptur kemur út í loptið frá deplinum *b*, myndar 52° horn við línuna frá miðdepli bogans, þegar hann nær auganu.

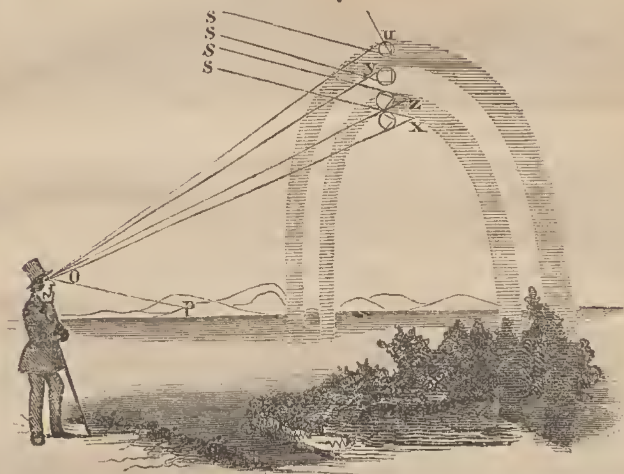
249. mynd.



En hvers vegna er litaröðin sín í hvorum boga? — Vèr

skulum nota 250. myndina bæði til þess að greiða úr þessari spurníngu, og til þess að rifja það upp, sem hèr hefir verið sagt að framan um regnbogann. Myndin sýnir: 1. mann, sem frá deplinum *O* horfir á ský nokkurt, fullt af vatns-kúlum (regndropum): — 2. línuna *OP*, sem er stefnan frá auga mannsins

250. mynd.



til miðdepils sólarinnar, og undir eins stefna apturkastsgeislans. Hornin xOP, zOP, yOP og uOP eru horn þau, sem geislar (*radii*) regnbogans mynda við auga áhorfandans, og jöfn hinum samsvarandi víxlhornum SxO, SzO, SyO og SuO, þar sem að línurnar Sx, Sz, o. s. frv. eru skoðaðar eins og samhliða hver annari. Hornið *OP* skyldi nú vera 40 stig og 7 mínútur, og línan xO skyldi snúast um *OP* á þann hátt, að hún myndaði kúluflöt, þá yrði og allar þær vatnskúlur, sem lægi á þessum fleti fram lengdum, að liggja einmitt svo, að hinir ljólulitu geislar komi samhliða hverjir öðrum til augans, eptir að þeir hafa brotnað tvisvar sinnum og kastazt einusinni aptur á milli þess þeir brotnuðu. Nú sèr þá maðurinn fjóllitan boga í skýinu. En jafnframt sèr hann og marga aðra boga, sem hver fyrir sig myndast af einföldum geisla, og er þvermælir þeirra þeim mun stærri, sem geislarnir brotna sjaldnar. Hinn yzti rauði geisli myndar víðastan boga, og verður þar geislahornið zOP 42 stig og 2 mínútur. Breidd hins litaða boga verður öll saman $42° \, 2' - 40° \, 17' = 1° \, 45'$, og ytri jaðarinn verður rauður, en hinn innri fjólulitur.

Ef mönnum þykir þessi skýríng torskilin, þá ber þeim að gæta þess, að litageislarnir brotna sinn undir hverju horni, og fjöldi regndropa er fyrir ofan og neðan hver annan, á meðan augað nýtur þessarar fögru sjónar. Ef að augað er. á þeim stað, sem allir hinir brotnustu geislar t. a. m. hitta það, þá hverfa allir hinir óbrotnari, þar sem að það nær, ef til vill, hinum græna lit úr efri geislunum (fjólulitu, bláu og dökkbláu geislarnir, sem eru brotnari, fara þá y f i r, en hinir gulu, rauðu og gulrauðu, sem minna eru brotnir, fara u n d i r það), o. s. frv. það er þannig unnt að augað sjái alla strendíngslitina í regnboganum.

Vèr skulum nú aptur aðgæta línurnar Oy og Ou, sem mynda 50° 59′ og 45° 9′ horn við línuna OP, og þær skyldu hreifast báðar saman á þann hátt, að OP væri möndull þeirra. Oy hittir þá alla þá dropana, sem hinir yztu, rauðu geislar verða að koma frá, til þess að þeir geti hæft augað allir samhliða, eptir að þeir hafa tvisvar brotnað og tvisvar kastazt aptur. En línan u verður þá undir eins takmarkalína hinna yztu fjóllitu geisla. Hèr koma og allir strendíngslitirnir fram milli hinna vaxandi boga, og verður þá litariminn 54° 9′ — 50° 59′ = 3° 10′ á breidd. Í þessum litarima verður rauði liturinn innst og fjóluliturinn yzt, eða í öfugri röð við það, sem var í litarima hins bogans. Bilið milli beggja litaboganna er 50° 59′ — 42° 2′ = 8° 57′. Vèr sleppum viljandi þeirri leiðrèttíngu, sem gjöra þarf við því, að sólin er enginn depill, heldur sýnist að vera 30′ í þvermæli. Orsökin til þess, að litir aukabogans eru miklu daufari, en litir aðalbogans, er fólgin í því, að geislar aukabogans fara svo lángan veg og dreifast svo mjög á honum.

það ber stundum við, að innanvert við regnbogann eru einn eða tveir eða fleiri litarimar, svo að boginn er þá þrefaldur eða jafnvel ferfaldur að sjá. Litaröðin í þessum innri rimum er ætíð hin sama, og eru þeir vanir að vera einúngis við hinn efra hluta bogans. það verður ekki með vissu sagt, af hverju að þessir rimar koma, en ekki er það ólíklegt að þeir komi annaðhvort af því, hvað regndroparnir í skýinu eru margvíslega lagaðir eða misþèttir í sèr.

17.

BAUGAR UM SÓL OG TÚNGL.

það er ekki sjaldgæft, að menn sjái einn, tvo, þrjá eða fleiri ljósbauga í kríngum túnglið. Hríngir þessir geta verið mjög mis-

bjartir eða fagrir. Svipaðir ljósbaugar sjást og á stundum í kríngum sólina. Þegar þessir hríngir eru sem fullkomnastir, þá eru þeir stundum ljómandi fagrir og standa ekki mikið á baki litaskrauts regnbogans. Hinn hvíti baugur til að mynda takmarkast þá af öðrum bláum, hinn blái af gulum, og hinn guli af rauðum. Rauði baugurinn er aptur smátt og smátt takmarkaður af fjólulitum, bláum, grænum, gulum og rauðum ljósrákum, o. s. frv.

Ef maður ímyndar sèr, að þessir hríngir væri skamınt frá sólinni eða túnglinu, þá yrði þeir að sjást allstaðar eða nærri því allstaðar þar sem sólin og túnglið sæist í þann svipinn. En því er enganveginn svo varið, því hríngirnir sjást aldrei nema frá vissum stöðum í einu. Ef maður hefði einhvern líkama á milli sólarinnar eða túnglsins og þessara ljósbauga, þá mundu þeir og ekki villa manni sjónir í þessu tilliti, því þá sæist fjarlægðarmunurinn.

Ekki ber náttúrufræðíngunum saman um það, hverjar að sè orsakirnar til ljósbauga þessara. Margir ætla að það sè smáar gufubólur í loptinu, sem olli þeim. Til þess að komast eptir því, að þessi getgáta nær nokkru lagi, þarf ekki annað en taka vel hreina glerflögu, og anda á hana, og horfa síðan í gegnum hana á fjarlægt ljós. Maður sèr þá hvítan hríng í kríngum ljósið og annan gulan og rauðan þar utan um. Það sèr maður og, að því smágjörfari og þèttari sem gufubólurnar á glerinu eru, þess fagrari og stærri verða og hríngirnir. En ef að gufan á glerinu er mikil og stórgerð, þá verða hríngirnir daufir og bleikir. Þessi tilraun heppnast bezt með því, að strá jafnafræi (*semen lycopodii*) á glerflöguna, og horfa svo í gegnum hana á ljósið.

Sama verður og skýríngin á hríngum þeim, sem menn sjá stundum í skugganum sínum í kríngum höfuðið á sjálfum sèr. Þessháttar skuggabaugar sjást helzt, þegar skugginn lendir á þoku.

18.

AUKASÓLIR OG AUKATÚNGL.

Aukasólir og aukatúngl eru efalaust einhverjir hinir eptirtektaverðustu náttúruviðburðir. Það ber stundum við, að menn sjá 2, 3, 4, 5, 6 eða 7 sólir eða túngl á loptinu í einu; það er raunar sjaldgæft, að fleiri sjáist en 3. En þessar aukasólir og

aukatúngl eru jafnan hvert fyrir sig gírð slíkum ljósbaugi, sem um var talað í 17. gr., og eru hríngirnir opt ekki miklu ófagrari en regnboginn; svo eru þeir bæði fjöllitir og fagurskreyttir. Sjaldan eru þessar skrautlegu loptsjónir vanar að standa yfir nema fáeinar mínútur, þá hverfa þær aptur. þessar aukasólir og aukatúngl eru ekki annað en myndir af sól og túngli, sem vatnsgufan í andrúmsloptinu kastar frá sèr, eins og skuggsjá.

19.

FÁEIN ORD UM NOKKRA ADRA NÁTTÚRUVIDBURDI.

Jafnvel þó að vèr höfum nú minnzt á ærinn fjölda af náttúruviðburðum, þá eru þó margir eptir, sem enn eru ótaldir. Vèr ætlum einúngis að taka til dagsbirtuna, himinblámann, morgun- og kveldroðann, ljósakiptin (birtíngu og rökkur) og sverðbjarmann (*Zodiakallys*).

Dagsbirtan er, eins og menn vita, ekki annað en starfi sólarljóssins. En hún kemur þó ekki einúngis af sólargeislum þeim, sem annaðhvort koma beinlínis niður til vor, eða þá á apturkasti sínu frá jörðinni og líkömunum á henni. þetta sèst meðal annars af því, að þeir líkamir, sem í skugga eru, eru ekki almyrkvir eða aldimmir, og er það einmitt sönnun fyrir því, að andrúmsloptið sjálft kastar og sólarljósinu frá sèr, eða þeim líkömum, sem á því lenda.

Himinbláminn, sem er svo fagur og unaðsfullur á að horfa, verður bezt skýrður með því, að ímynda sèr, að andrúmsloptið skipti sólarljósinu og kasti svo hinum brotnari, bláu geislum aptur á bak, en leyfi hinum gegnumförina tálmunarlaust. Andrúmsloptið kastar og sólarljósinu óskiptu frá sèr á bak aptur. En því meira, sem það kastar frá sèr af bláu, og minna af óskiptu sólarljósi, þess dimmgrárri verður og himininn ílits.

Líkt er og ástatt með morgun- og kveldroðann. Hann myndast líklega af þeim geislum sólarljóssins, sem lenda á hinum neðri loptslögum, og ekki ná apturkasti. þegar andrúmsloptið er sem minnst blandað aðkomandi gufu, þá er optast nær heiðríkja á daginn og himininn fagurblár, en ljómandi fagur kveldroði um sólarlagið. Sè þar á móti andrúmsloptið fullt af gufu og skýjum, þá er himininn hvítgrár, og það er eins og gulleita slikju að sjá á þeim stöðum jarðarinnar, sem sólin skín ekki á. það er því rètt ætlað, að fagur kveldroði komi ekki nema eptir fagran dag.

Birtíng og rökkur eru allt annað en morgun- og kveldroðinn. það eru hin hollu umskipti ljóss og myrkurs, sem vèr nefnum þessum nöfnum, og bæði saman köllum vèr þau ljósaskipti. En hvernig verða þau til? og hvernig getum vèr gjört oss grein fyrir þeim? — Áður en sólin kemur upp á morgnana, lýsir hún hin efri lögin í andrúmslopti austuráttar, en þau varpa aptur þessu sívaxanda ljósi frá sèr og mynda svo birtínguna. Eins er og á kveldin, að loptið kastar frá sèr hinni símínkandi birtu, er það fær frá sólinni, og verður þá með því rökkur.

Sverðbjarminn er fagur ljósrimi, sem menn sjá á austurloptinu áður en sól kemur upp, og á vesturloptinu aptur eptir sólarsetur. Margir halda, að orsakir ljóss þessa sè fólgnar í hnattlopti eða andrúmslopti sólarinnar.

því meira kapp og alúð sem vèr leggjum á að kynna oss hina óteljandi mörgu náttúruviðburði, þess ljósara verður það fyrir oss, að öll vor þekkíng er og verður í pörtum, og að mennirnir eru veikar og sjálfum sèr ónógar verur; þeir eru ekkert í samanburði við tign hans, sem með sínu máttuga sköpunarorði bauð öllu þessu að verða til af engu.

20.
SPURNÍNGAR TIL AÐ RIFJA ÚPP EPTIR.

Hverjir eru þeir náttúruviðburðir, sem hèr var einkum talað um í þessu atriði? Hverjum þeirra getum vèr gjört oss fullkomna grein fyrir? Hvernig er loptsviðburðunum vanalega skipt? Hvað er dögg? Hver er hin helzta nytsemi hennar? Hvernig er hunángs- og mèldögginni varið? Hvaða náttúruviðburðir eru það, sem eru í nákvæmustu sambandi við döggina? Hvernig myndast hèlan? Hver er aðalmunur á hèlu og snjó? því hrúgast hèlan meir á líkamina en döggin? Hvað sögðum vèr um ísínguna, klakann á gluggarúðunum og frostrósirnar? — Hvernig gjörðum vèr oss grein fyrir myndun þokunnar? Myndast öll þoka af sömu orsökum, eða öldúngis á sama hátt? Hver er aðalmunurinn á þoku og skýjum? Hvernig er líkast til að á þeim skýjum standi, sem fyrst koma á fjallatoppana og vaxa svo smátt og smátt niður eptir þeim? Hvers vegna kemur nærri því ætíð regn úr þeim skýjum, sem eru á og hjá fjöllunum? Af hverju koma stundum hin skjótu umskipti skýjaðs himins og heiðskírs? Hvernig myndast

netaskýin? Hvað eru skýin hátt í lopti? Hvernig getur loptið borið hin vatnsríku ský? — Hver er orsök regnsins? Hvert er aðallögmál regnmyndunarinnar? Hvernig er undraregnið og á hverju er það byggt? Hverjar tegundir nefndum vèr af því, og hvernig skýrðum vèr hverja þeirra fyrir sig? Hvernig myndast snjórinn? Hvað er eptirtektavert við snjókornin? Hverjar eru hinar helztu snjókornamyndir? Hvað er enn óvíst um þær? Hvernig stendur á hinum rauða Mundíufjalla- og jöklasnjó? Hver er aðalnytsemi snjóarins? Hver er aðalmunur á snjó og hagli? Hvernig og hverjar haglhríðir minntumst vèr á? Hvað vitum vèr um uppruna haglsins? Hvernig hafa menn reynt til þess að verjast haglinu? — Hvernig var skýstrokkurinn, sem vèr lýstum? Hvað vita menn um skýstrokkana? Eiga þeir sèr einúngis stað á sjó eða vatni? Hvernig komst *Franklin* að því, að loptið væri rafurmagnað? Hvernig voru tilraunir *Romars* um það efni? Hvað er að segja um skruggusteinana? Hvernig er eldíngavarinn? Hver er nytsemi hans? Hvernig eiga menn að haga sèr úti og inni í skrugguveðrum? Hvernig geta menn sèð, að það eða það ský sè hlaðið rafurmagni? Því fer eldíngin eptir hlykkjalínu um loptið? Hvað sögðum vèr um skruggurnar? Hvað sögðum vèr um skruggulostna menn? — Hvernig er hræfareldi og snæljósi varið? Hvað sögðum vèr um stjörnuhröpin og athuganir manna um þau? Hvaða ætlanir hafa menn um steinregnið? Með hverju sönnuðum vèr að það væri í raun og veru til? Hvað sögðum vèr um flugdrekana? Hvað eru mýraljós og vafurlogar? Hver er orsök þeirra? — Hvernig eru norðurljósin? Hvað ætla menn um uppruna þeirra? Nær getur regnboginn sèst? Undir hverju er stærð hans komin? Hvernig getur hann myndazt? Og af hvaða orsökum? Hvernig er aukaregnboginn? Hvað sögðum vèr um bauga í kríngum sól og túngl? Hvað var það, sem vèr kölluðum aukasólir og aukatúngl? Hvað vitum vèr um myndun þeirra og uppruna? Hvað sögðum vèr um dagsbirtuna, himinblámann, morgun- og kveldroðann, ljósaskiptin og sverðbjarmann?

ORÐAREGISTUR.

PRENTVILLUR.

Bls. 5. l. 12. oðrum, l. öðrum. — bls. 34. mynd 3. við endann á línunni ab á að standa x. — bls 34. l. 27 AB og CD, l. AC og BD. — bls. 58. mynd 19. vantar d við stærri kúluna. — bls. 64 l. 29. ad l. bd. — bls. 72. mynd 33, þar á c fyrir ofan línuna ab að vera e — bls. 75. l. 24. 31. l. 34. — bls. 100. l 10. h l. h' — bls. 103. mynd 67. í stað e við nedsta hornið á myndinni á að vera c. — bls. 138. l. 7. Bullnnni f, l. Bullunni ef. — bls. 156. l. 6. bulluhöfðinu : p, l. bulluhöfðinu $p : t$. bls. 164 l. 25. gh l. yh. — bls 180. l. 5 acb l. aeb. — bls. 259. mynd 146, þar á að standa c við neðri enda hennar. — bls. 296. l. 3. AE l. Ae — bls. 310. mynd 180. fremra e á að vera c. — bls. 317. l. 1. AD l. BD. — bls. 341. mynd 194 þar vantar a við sömu línu sem b er. — bls. 346. l. 7. nn l. nn'. — bls. 363. við neðri myndina: 206. mynd, l. 207. mynd.

